







PRINCIPES

DE

GÉOLOGIE

TOME DEUXIÈME



PARIS. — IMPRIMERIE PAUL DUPONT ET Cie
Rue Jean-Jacques-Rousseau, 41 (Hôtel des Fermes).



PRINCIPES

DE

GÉOLOGIE

OU

ILLUSTRATIONS DE CETTE SCIENCE

EMPRUNTÉES AUX CHANGEMENTS MODERNES DE LA TERRE ET DE SES HABITANTS,

PAR

SIR CHARLES LYELL, BARONNET

Maître ès arts, membre de la Société royale de Londres.

OUVRAGE TRADUIT SUR LA DERNIÈRE ÉDITION ANGLAISE, ENTIÈREMENT REFONDUE,
avec cartes, gravures en taille-douce et figures sur bois,

Par M. J. GINESTOU

Bibliothécaire de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale.

« *Veré scire est per causas scire.* » BACON.

« Les roches pierreuses ne sont pas d'origine primitive, elles sont filles du temps. » LINNÉ. *Syst. nat.*, 5e édit. Stockholm, 1848, p. 219.

« Au milieu de toutes les révolutions du globe, l'économie de la nature est restée uniforme, et ses lois sont les seules choses qui aient résisté au mouvement général. Les rivières et les rochers, les mers et les continents ont subi des modifications dans toutes leurs parties; mais les lois qui président à ces changements et les règles auxquelles ils obéissent, sont restées invariablement les mêmes. » (PLAYFAIR. *Explication de la théorie de Hutton.*)

TOME DEUXIÈME

PARIS

GARNIER FRÈRES, LIBRAIRES-ÉDITEURS

6, rue des Saints-Pères, et Palais-Royal, 215

1873.



PRINCIPES

DE

GÉOLOGIE

LIVRE SECOND (SUITE).



CHAPITRE XXVI.

ETNA.

Physionomie extérieure de l'Etna. — Cônes latéraux. — De leur oblitération successive. — Couches marines datant du Nouveau Pliocène, à la base de l'Etna. — Plantes fossiles appartenant à des espèces vivantes, dans les anciens tufs de l'Etna. — Val del Bove sur le flanc oriental de l'Etna. — Structure intérieure de la montagne et preuves indiquant l'existence d'un double axe d'éruption. — Défaut de parallélisme dans les laves anciennes. — Dykes dans le Val del Bove, leur forme et leur composition. — Grand cône tronqué du volcan. — Éruptions historiques de l'Etna. — Éruption des Monti Rossi, 1669. — Physionomie du Val del Bove. — Éruptions de 1811, de 1819 et de 1852. — Changements qu'elles ont entraînés dans le Val del Bove. — Cascades de lave dans le Val di Calanna. — Lave inclinée de Cava Grande. — Inondation produite par la fonte des neiges, en 1755. — Glacier conservé par une couverture de lave. — Anciennes vallées de l'Etna. — Antiquité du cône de l'Etna.

Physionomie extérieure de l'Etna. — Après le Vésuve, le volcan sur lequel nous possédons les renseignements les plus authentiques est l'Etna, qui s'élève près de la mer, majestueux et solitaire, jusqu'à la hauteur d'environ 3,300 mètres (1). La base du cône est presque circulaire et a 140 kilomè-

(1) En 1815, le capitaine Smyth a constaté, au moyen de mesures trigonométriques, que la hauteur de l'Etna était de 3,314^{m}4; mais les habitants de Catane, fort désappointés de ce que leur montagne avait perdu près de 610 mètres de la hauteur qui lui avait été attribuée par Recupero, refusèrent d'admettre cette déter-

tres de tour ; mais si l'on compte toute l'étendue sur laquelle s'étendent les laves, la circonférence est probablement deux fois plus grande.

Le cône se trouve divisé naturellement en trois zones distinctes que l'on désigne sous le nom de région *fertile*, région *boisée* et région *déserte*. La première comprend le pays délicieux qui entoure la base de la montagne; elle est bien cultivée, très-peuplée et couverte d'oliviers, de vignes, de blé et d'arbres à fruits. Plus haut, la montagne est enveloppée par la région boisée, qui consiste en une forêt de 10 à 12 kilomètres de large, où de nombreux troupeaux trouvent de riches pâturages. Parmi les diverses espèces d'arbres qui y croissent, on remarque des châtaigniers, des chênes et des pins magnifiques, et, sur quelques points, des hêtres et des chênes-liéges. Au-dessus de la forêt s'étend la région déserte, vaste pêle-mêle de laves noirâtres et de scories; elle se termine, à sa partie supérieure, par une espèce de plateau, d'où s'élève le cône principal, de 335^{m} de hauteur, qui ne cesse d'émettre de la vapeur d'eau et des gaz sulfureux, et ne laisse presque jamais un siècle s'écouler sans vomir plusieurs courants de lave.

Cônes produits par des éruptions latérales. — Le trait le plus grandiose et le plus original que présente la physionomie de l'Etna est la multitude de petits cônes qui sont dispersés sur ses flancs, et surtout dans la région boisée. Quoique ces cônes, vus d'une certaine distance, ne paraissent que comme des inégalités insignifiantes et ne semblent être que des parties subordonnées d'une montagne aussi imposante et aussi colossale que l'Etna, ils seraient, dans toute autre ré-

mination. Plus tard, en 1824, sir J. Herschell, sans avoir connaissance des résultats obtenus par le capitaine Smyth, établit, à l'aide de mesures barométriques prises avec le plus grand soin, que cette hauteur était de 3,313^{m}9. Sir Herschell parle de la coïncidence singulière que présentent des résultats obtenus par des moyens auss différents, comme d'un hasard heureux, mais le docteur Wollaston remarque « qu'un pareil hasard ne se serait pas rencontré si l'on avait eu affaire à deux imbéciles. »

gion, considérés comme des collines d'une hauteur considérable. Sans compter un grand nombre de monticules de cendres, formés en différents points, il existe, d'après une carte dressée par Von Waltershausen, environ 200 de ces volcans secondaires, dans un circuit de vingt milles géographiques de diamètre, dont le centre est occupé par le sommet de l'Etna. Sur les flancs de cet espace circulaire, se trouvent quelques autres cônes modernes, de grandes dimensions, tels qu'une double colline appelée les Monti Rossi, produite en 1669, dans le voisinage de Nicolosi, qui a 135 mètres d'élévation et 3,200 mètres de circonférence à sa base. Cette colline, quoique d'un volume un peu supérieur à celui du Monte Nuovo, que nous avons décrit dans le XXIV[e] chapitre, ne figure cependant que comme un cône de seconde grandeur parmi ceux auxquels ont donné naissance les éruptions latérales du Vésuve. Monte Minardo, situé près de Bronte, à l'est du grand volcan, a plus de 210 mètres de hauteur.

Vus des limites inférieures de la région déserte, ces petits volcans offrent une des scènes les plus magnifiques et les plus caractéristiques de l'Europe ; ils réunissent toutes les variétés possibles de hauteur et de grandeur, et sont disposés en groupes élégants et pittoresques. Quelque uniformes qu'ils puissent paraître lorsqu'on les voit de la mer ou des plaines situées à leur base, rien n'est plus diversifié que les formes qu'ils présentent quand l'œil pénètre de leur cime dans leur cratère, dont généralement un des côtés est détruit. Il existe, en effet, dans la Nature, peu d'objets qui soient plus pittoresques qu'un cratère volcanique tapissé de forêts. Les cônes situés dans les parties les plus hautes de la zone boisée sont principalement couverts de sapins très-élevés ; tandis que ceux qui occupent des points inférieurs sont garnis de châtaigniers, de chênes et de hêtres.

Oblitération successive de ces cônes. — L'histoire des éruptions de l'Etna, tout incomplète et peu suivie qu'elle

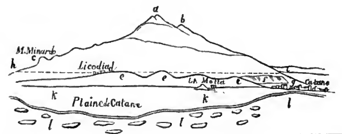
soit, ne laisse pas, néanmoins, de répandre beaucoup de clarté sur la manière dont une grande partie de la montagne a successivement atteint ses dimensions actuelles, ainsi que sur son mode de structure intérieure. Le cône du sommet duquel procèdent aujourd'hui les éruptions a été plus d'une fois détruit par suite d'explosions ou d'affaissements, et plus d'une fois aussi a été reproduit. La grande plate-forme (n° 2. Pl. V, *a*, *b*, *c*, *fig.* 79) parait être le résultat d'une suite de catastrophes qui tronqua la montagne anciennement conique, et qui laissa à la place de la partie supérieure, complétement disparue, une surface comparativement plane d'où s'élance aujourd'hui le cône moderne.

C'est surtout du grand cratère *a*, fig. 79, et des bouches latérales situées dans la région déserte, qu'émanent le plus grand nombre d'éruptions. Quand des collines viennent à surgir un peu plus bas ou dans la zone moyenne et qu'elles s'élèvent au-dessus du niveau général, leur hauteur diminue graduellement pendant les éruptions suivantes; car, lorsque la lave, descendant des parties supérieures de la montagne, rencontre quelqu'une de ces collines, le courant se divise et se répand autour d'elles, de manière à exhausser le sol légèrement incliné qui leur sert d'appui. C'est ainsi qu'il leur arrive de perdre tout d'un coup 6 mètres, 9 mètres ou même plus de leur élévation, comme cela a eu lieu pour l'un des petits cônes, désigné sous le nom de Monte Peluso, dont la hauteur se trouva diminuée, en 1444, par le grand courant de lave qui l'entoura. Récemment un autre courant a pris la même direction, ce qui n'a point empêché cette colline de conserver encore une hauteur de 120 à 150 mètres.

Près de Nicolosi, on a observé un cône, le Monte Nucilla, autour de la base duquel plusieurs courants se sont répandus, et plusieurs pluies de cendres sont tombées successivement, depuis les temps historiques, jusqu'à ce qu'enfin, lors d'une éruption survenue en 1536, la plaine environnante se trouva

tellement exhaussée, que le sommet du cône resta seul visible au-dessus du niveau général. Monte Nero, situé au-dessus de la Grotta dell' Capre, fut, en 1776, presque entièrement submergé par un courant; et, en 1669, le Monte Capreolo fournit un curieux exemple du dernier degré d'oblitération; car un courant de lave, serpentant le long d'une haute crête qui avait été formée par la superposition prolongée de laves successives, se jeta directement dans le cratère, et le combla presque entièrement. La lave de chaque nouveau cône latéral tend donc à diminuer la hauteur relative des cônes inférieurs par

Fig. 70.



Vue de l'Etna, prise du sommet du plateau calcaire de Primosole regardant au nord.

a. — Cône le plus élevé.
b. — Montagnuola.
c. — Monte Minardo, avec plusieurs cônes latéraux plus petits, étagés au-dessus.
d. — Ville de Licodia dei Monaci.
e. — Lits sableux et argileux avec coquilles marines appartenant presque toutes à des espèces vivantes de la Méditerranée, auxquels sont associées des roches volcaniques contemporaines.
f. — Escarpement de couches stratifiées de tuf volcanique sous-aqueux, etc., au nord-ouest de Catane.
g. — Ville de Catane.
h-i. — Ligne ponctuée indiquant les limites supérieures le long desquelles se montrent parfois les couches marines. A Catira, située à 6,400 mètres de Catane, ces couches atteignent une hauteur d'environ 378 mètres au-dessus du niveau de la mer.
k. — Plaine de Catane.
l. — Plateau calcaire de Primosole se rapportant à la période du Nouveau Pliocène.
m. — La Motta di Catania.

rapport à leur base; de sorte que les flancs de l'Etna, s'incli-

nant doucement, recouvrent successivement un grand nombre de volcans plus petits, tandis que, de temps en temps, il s'en produit de nouveaux.

Couches marines et roches volcaniques de l'Etna, datant du Nouveau Pliocène. — Dans l'esquisse ci-jointe de l'Etna et de ses environs, que j'ai prise, en 1828, du plâteau de Primosole, composé de calcaire tertiaire, on voit en ligne droite le sommet du volcan surgir à une distance de 21 milles géographiques. A nos pieds s'étend, sur une largeur de 10 kilomètres, la plaine alluviale de Catane (*k*), que traverse la rivière Simeto, et qui est limitée, au nord, par une contrée ondulée *c*, *c*, se composant, en majeure partie, d'un dépôt marin tertiaire datant du Nouveau Pliocène.

Ce district, voisin de Catane, qui, dans le pays, a reçu le nom de « Terra Forte », doit avoir émergé de la mer à une période, géologiquement parlant, de date très-récente, car, non-seulement presque toutes les coquilles qui sont renfermées dans ces argiles sont d'espèces récentes, mais encore les lits argileux eux-mêmes sont recouverts jusqu'à près de 300 mètres par deux dépôts, dont l'un, voisin de la mer, contient des coquilles qui sont toutes d'espèces récentes, et dont l'autre consiste en galets arrondis de calcaire et d'autres roches. Ces cailloux, évidemment transportés de l'intérieur par le Simeto, ont été déposés par lui dans son delta, qui s'est exhaussé plus tard par suite du soulèvement, à sa base, de l'argile sous-jacente, ainsi que de la masse voisine de l'Etna, et du rivage de la mer. Dans l'alluvion ancienne qui a été amenée sur ce point, on a rencontré en plusieurs endroits des ossements d'éléphants et d'autres mammifères éteints. La ligne *h*, *i*, indique le niveau où vient affleurer d'une manière irrégulière la formation marine du Nouveau Pliocène, située au-dessous des courants modernes de matières volcaniques, qui ont graduellement envahi sa surface et l'ont dérobée de plus en plus à la vue. Quoique le plus souvent on n'ait pu suivre cette

formation au delà de 180 mètres de hauteur, on a cependant découvert, en un point appelé Catira, des argiles marines à 378 mètres au-dessus du niveau de la Méditerranée. En cet endroit et le long de la côte adjacente, comme à Aci Castello et à Trezza, faisant face aux îles des Cyclopes, ainsi qu'à Nizzetti, qui se trouve à 2,400 mètres au nord-ouest de Trezza, les argiles fossilifères sont associées à des basaltes et à d'autres produits ignés contemporains qui, dans la région de l'Etna, constituent les monuments les plus anciens de l'action volcanique. On peut dire que c'est par l'effet de ces éruptions que furent jetés dans la mer les fondements de l'Etna, dont l'emplacement actuel formait jadis une baie de la Méditerranée. On voit donc que les coquilles fossiles, trouvées dans ces argiles, présentent un intérêt d'autant plus grand qu'elles établissent la chronologie de la partie la plus ancienne de la montagne. Sur soixante-cinq espèces recueillies par moi en 1828, M. Deshaye en détermina quatre, comme appartenant à des espèces éteintes, et les autres comme étant aujourd'hui communes dans la Méditerranée. Philippi obtint du même district soixante-seize espèces dont huit seulement n'existaient plus, tandis que le nombre plus considérable de cent neuf qui résulta des recherches faites à Cefali, dans les faubourg de Catane, donna une proportion de six pour cent environ d'espèces éteintes, comparativement aux espèces vivantes. Une collection encore plus riche de cent quarante-deux espèces de coquilles que le docteur Aradas eut l'obligeance de m'adresser en 1858, fournit huit pour cent d'espèces éteintes (1). Cependant tous ces résultats sont moins en désaccord qu'ils le paraissent de prime abord, parce que toutes les espèces abondantes (excepté *Buccinum semistriatum*, déjà mentionnée comme étant la seule espèce éteinte sur les cent que l'on a trouvées dans les anciens tufs de la Somma),

(1) Voyez *Mode of origine of Mount Etna*, par l'auteur. *Phil. Trans.* Part. II. — 1858, p. 778.

vivent actuellement dans la mer contiguë, tandis que les espèces perdues sont si rares qu'on n'en rencontre parfois que des échantillons d'individus isolés. Quoi qu'il en soit, je regarde la partie la plus ancienne de l'Etna comme un peu antérieure aux fondations du Vésuve, et si l'on me demandait quel est le rapport que les couches tertiaires des environs de Catane présentent, au point de vue chronologique, avec les formations Britanniques, je répondrais que leur âge correspond à celui du crag de Norwich. Quant à ce qui concerne la Période Glaciaire, je considère les éruptions les plus anciennes de l'Etna comme étant de date plus reculée que l'époque où le froid le plus intense se fit sentir dans l'Europe centrale et septentrionale.

Le lecteur ne doit pas supposer que les couches marines auxquelles sont associées des roches basaltiques, s'élevèrent, une fois formées, jusqu'à leur hauteur actuelle au-dessus du niveau de la mer, et que le grand cône sub-aérien de l'Etna soit une superstructure de date récente ; car il y a tout lieu de croire qu'un soulèvement général et graduel, tant des fondations de l'Etna que de la contrée adjacente, n'a cessé de se produire pendant la longue période des éruptions supra-marines. Bien plus, il est tout à fait probable que ce mouvement lent de bas en haut, se continue de nos jours, car on a observé, sur la partie orientale de la base de l'Etna que baigne la mer, des bords élevés ou sables, avec coquilles littorales d'espèces récentes dont les couleurs subsistent assez souvent, ainsi que des lignes de falaises intérieures creusées dans les strates tertiaires et dans les tufs volcaniques, qui sont autant de témoignages des altérations successives qu'a subies le niveau de la mer, relativement à celui de la terre ferme.

Plantes fossiles d'espèces vivantes dans les anciens tufs de l'Etna. — Quoique l'occasion se soit rarement présentée de pouvoir déterminer la nature exacte de la végétation qui



LE VAL DEL BOVE (Etna)

Vu den bas

p. 8



couvrait la montagne, lorsqu'elle avait encore, en quelques points de sa surface, des cendres volcaniques provenant des éruptions les plus anciennes, on a pourtant observé, à Fasano, près de Catane, certains tufs stratifiés, remplis de feuilles fossiles, qui ont jeté quelque clarté sur cet intéressant sujet. J'obtins de ces tufs plusieurs espèces de plantes terrestres qui furent déterminées par le professeur Heer, et rapportées à des espèces existant actuellement en Sicile; je citerai entre autres le laurier odorant, *Laurus nobilis*, le myrte commun, *Myrtus communis*, et le lentisque, *Pistachia lentiscus*.

Val del Bove, sur le flanc oriental de l'Etna. — Vu du sud ou du nord, l'Etna présente, en général, une forme très-symétrique; mais, sur le versant oriental, il se trouve interrompu par une vallée profonde, appelée le Val del Bovo, dont la tête ou partie supérieure est limitée par un précipice de 900 à 1,200 mètres de hauteur, qui commence immédiatement au-dessous du bord oriental de ce plateau très-élevé, dont la formation, ainsi que nous l'avons déjà dit, est le résultat de la destruction du grand cône. La vue ci-jointe, Pl. V, dessinée d'après une esquisse que je fis en novembre 1828, donnera une idée au lecteur de ce précipice situé en contre-bas du plateau, n° 2, qui, au moment de mon excursion, se trouvait couvert de neige.

On voit les grands courants de lave de 1811 et 1819, qui, se déversant des parties supérieures du Val del Bove, ont envahi les forêts de la grande vallée, et s'élèvent sur la gauche du premier plan avec une surface rugueuse, où l'on observe des éminences et des dépressions, analogues à celles qui caractérisent un courant de lave qui a cessé de couler ou qui s'est déjà solidifié.

Le petit cône n° 7, formé en 1811, fumait encore quand je le vis en 1828. L'autre petit volcan, à gauche, d'où sort de la vapeur, est, je crois, un de ceux qui prirent naissance en 1819.

Voici les noms de quelques-uns des points indiqués dans l'esquisse :

1. Montagnuola.	5. Finocchio.	9. Musara.
2. Torre del Filosofo.	6. Capra.	10. Zocolaro.
3. Cône le plus élevé.	7. Cône de 1811.	11. Rocca di Calanna.
4. Lepra.	8. Cima del Asino.	

Description de la planche VI. — Le second dessin (Pl. VI) représente la même vallée vue d'en haut, ou le Val del Bove considéré du sommet du cratère principal formé en 1819 (1).

La forme circulaire du Val del Bove se distingue très-bien dans cette vue (Pl. VI). A droite et à gauche sont les énormes précipices qui forment les côtés sud et nord de la grande vallée ; ils sont coupés par des dykes qui se projettent de la manière que nous décrirons plus tard. Au loin, on aperçoit la « région fertile » de l'Etna, s'étendant comme une grande plaine le long de la côte.

Les principaux points représentés dans cette planche sont les suivants :

a. — Le cap Spartivento, en Italie, qu'on aperçoit dans le lointain.
b. — Le promontoire de Taormino, sur la côte de Sicile.
c. — La rivière Alcantra.
d. — Le petit village de Riposto.
e. — La vallée de Calanna.
f. — La ville d'Aci-Reale.
g. — Les îles Cyclopes ou « Faraglioni » dans la Baie de Trezza.
h. — Le grand port de Syracuse.
i. — La ville de Catane, près de laquelle est indiqué le cours de la lave qui coula des Monti-Rossi, en 1669, et détruisit une partie de la ville.
k. — Le lac de Lentini.
l. — Sur la gauche du dessin est le cratère de 1811, que l'on voit aussi au n° 7 de la planche V.
m. — Le rocher de Musara également figuré au n° 9 de la même planche.

Le Val del Bove offre des dimensions vraiment gigan-

(1) Cette vue a été dessinée d'après une esquisse de M. James Bridges, et corrigée d'après la comparaison qui en a été faite avec plusieurs des miennes. Je ne puis indiquer d'une manière précise le point que ce cratère occuperait dans la planche V, mais je suppose qu'il ferait face au grand précipice près duquel se perd la fumée sortant du cône n° 7. On observe plusieurs lambeaux de roche sur la face de ce précipice où ont eu lieu des éruptions.

LE VAL DEL BOVE (Etna.

Vu d'en haut ou du Cratere de 1819

P. 11

tesques ; c'est un vaste amphithéâtre de 7 à 8 kilomètres de diamètre, entouré de précipices presque verticaux, dont la hauteur varie de 900 à 1,200 mètres, les plus profonds se trouvant à l'extrémité supérieure ou orientale, et les autres situés au nord et au sud, s'abaissant peu à peu jusqu'à la hauteur de 150 mètres, à mesure qu'ils s'étendent dans la direction de l'est. Ce qui tout d'abord frappe le géologue, comme trait caractéristique des falaises qui limitent cette vallée, c'est la multitude incroyable de dykes que l'on voit traverser en tous sens les couches volcaniques. La forme circulaire de cet immense gouffre et ces milliers de dykes ne peuvent manquer de rappeler à tous ceux qui connaissent le Vésuve les phénomènes de l'Atrio del Cavallo, quoique le Val del Bove présente des dimensions excédant autant celles de la Somma que l'Etna surpasse le Vésuve en grandeur.

Structure intérieure de la montagne et preuves d'un double axe d'éruption. — Lorsque pour la première fois j'examinai l'Etna, en 1828, je supposais que les lits dont se compose le mur d'enceinte du grand amphithâtre étaient arrangés de manière à établir une grande différence entre la structure de cette partie de la montagne et celle de l'escarpement de la Somma. Je me figurais que l'inclinaison des couches à partir d'un axe central vers tous les points de l'horizon, ou le plongement dans toutes les directions, *quàquàversal dip* des géologues Anglais, faisait complétement défaut dans le Val del Bove. Mais quand je revisitai ce même district, en 1857-58 (1), je découvris que la portion inférieure des lits volcaniques, qui, dans les grands précipices *k*, *i*, se montrent à découvert, à l'extrémité de la vallée *h*, *i*, *k*, de la coupe (*fig.* 72, *p.* 15), plonge brusquement vers l'ouest, et que le seul moyen d'expliquer l'arrangement de ces couches

(1) Voy. un Mémoire de l'auteur sur le mont Etna, inséré dans les *Phil. Trans.*, part. II, 1858.

et de celles qui forment les falaises, limites de la grande vallée, était d'admettre l'existence ancienne d'un grand centre d'éruption, au point, ou près du point, que, dans la carte ci-jointe (*fig.* 71), j'ai marqué d'une croix pour indiquer l'axe de Trifoglietto. La direction des flèches *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, indique les divers points de l'horizon vers lesquels les couches ont été vues s'incliner. C'est en 1857, que M. G.-G. Gemmellaro et moi reconnûmes, dans l'excursion que nous fîmes ensemble, ce plongement dans toutes les directions (*quàquàversal dip*), et que nous en vînmes à admettre que le point marqué d'une croix, autrement dit l'axe de Trifoglietto, avait été jadis un centre d'éruption (1).

A l'appui de cette opinion, le Baron S. de Waltershausen a observé la présence en cet endroit d'un ancien groupe de dykes de greenstone, au nombre de treize au plus, qui rayonnent de l'axe en question et traversent les précipices environnants. Ces dykes de greenstone se distinguent par leur composition minérale des dykes plus récents de lave doléritique qui radient du grand centre actuel d'éruption, c'est-à-dire du sommet de l'Etna. Du nom moderne qu'a reçu la montagne, ce centre peut être appelé axe de Mongibello. En 1858, dans ma troisième excursion au Val del Bove, je constatai la grande épaisseur des lits *l* de la Carte (*fig.* 71),

Description de la figure 71. — (Carte de l'Etna, p. 13.)

Plan horizontal du val del Bove, montrant le plongement des lits sur les côtés opposés de l'axe de Trifoglietto

Flèches *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, indiquant le plongement des lits dans des directions opposées par rapport au centre d'éruption ou axe de Trifoglietto.

k. — Flèche montrant la direction du plongement des lits dans la Cisterna (voyez aussi *k* dans la coupe fig. 72), où ces lits présentent une inclinaison de 6 degrés sud-est, tandis que, dans les parties inférieures du même précipice, ainsi que l'indique la flèche *b*, ils plongent dans une direction tout à fait différente, c'est-à-dire vers l'est, et sous un angle de plus de 20 degrés.

l. — Couches horizontales dans le grand précipice situé au-dessus de la Serra Giannicola ; elles reposent sur des lits de trachyte, de tuf trachytique et de con-

(1) J'ignorais alors que le Baron S. de Waltershausen en fût déjà venu à la même conclusion, car la partie de son Atlas dans laquelle il a émis cette opinion n'avait pas encore été publiée lorsque je revins en Angleterre.

Fig. 71.

CARTE D'UNE PARTIE DU Mt ETNA
Échelle de Kilomètres
LES FLÈCHES DE A VERS K INDIQUENT LE PLONGEMENT DES COUCHES
VAL DEL BOVE
AXE DU TRIFOGLIETTO
M. CALANNA
VALLE DI CALANNA
ROCCA CAPRA
ROCCA MUSARA
M. FINOCCHIO
M. CALVATA
CAVA GRANDE
LAVE DE 1689
Milo
ZAFARANA
CAMASECCA
SOLFIZIO
VALLE DEL ZAPPINI
VALLE DEL TRIPODO
SERRA DEL SOLFIZIO
ROCCA DEL CORVO
SERRA GIANNICOLA
SCHIENA DELL'ASINO
MONTAGNUOLA
CISTERNA
PIANO DEL LAGO
CASA INGLESE
SERRA DELLE CONCAZZE

glomérat, ces derniers plongeant dans la direction nord-ouest, sous des angles de 20 à 28 degrés, ainsi que l'indique la flèche *a*.
M N. — Ligne de coupe de la fig. 72.

qui sont horizontaux, dans cette partie du précipice comprise entre le Piano del Lago et Giannicola. Ce fait, du reste, est parfaitement d'accord avec la théorie qui attribue la structure du Mont Etna à une émission de lave et de scories provenant des deux grands centres distincts d'éruption dont nous avons parlé, à savoir de celui de Trifoglietto et de celui de Mongibello ; — ce dernier volcan ayant définitivement acquis un tel ascendant qu'il aurait recouvert de ses produits les matières émises par le premier et transformé la montagne en une sorte de cône symétrique, dont la continuité, sur le flanc oriental, aurait été postérieurement interrompue, par la formation, comparativement moderne, de la grande cavité du Val del Bove, que nous avons décrite ci-dessus. La coupe ci-jointe expliquera la théorie de la structure de l'Etna à laquelle nous avons fait allusion, c'est-à-dire, l'hypothèse d'un axe double, au moyen duquel les plongements, dans toutes les directions opposées et, en apparence, si compliquées, que l'on observe dans le Val del Bove, ainsi que l'horizontalité des couches situées immédiatement au-dessous de la crête du Piano del Lago, se trouvent former un arrangement très-simple, dont on trouve des exemples dans la plupart des grands volcans Javanais qui ont été décrits par Junghuhn. Cet auteur a appelé particulièrement l'attention sur ce fait, que lorsqu'il existe deux centres d'éruption dans la même montagne volcanique, on rencontre entre les deux cônes une certaine étendue de terrain, qu'il appelle *selle*, où les lits de lave et les couches de cendres sont horizontales ou de niveau. Entre autres cas, il parle d'une selle, unissant les cônes jumeaux de Gede et de Panggerango, qui a une hauteur de 2,362 mètres. Le plus grand des deux cônes, quoique tronqué comme l'Etna, s'élève à 27,678 mètres, et le plus petit est flanqué



Coupe idéale du mont Etna, de l'Ouest 20° N., à l'Est 20° S., pour illustrer la théorie d'un axe double d'éruption. Voy. M. N. Carte, fig. 71.

A. — Axe de Mongibello.

B. — Axe de Trifoglietto.

a', *c*, *b'*, *i*, *d*. — Laves anciennes, principalement trachytiques.

e, *e*, *d*, *f*. — Laves en majeure partie doléritiques, émises du point A, après l'épuisement de l'axe ou foyer B, et avant la formation du Val del Bove.

gg. — Scories et laves de date postérieure au Val del Bove.

h, *i*, *k*. — Val del Bove. Les lignes moins foncées indiquent les roches qui manquent.

N. B. — La coupe, dans l'espace compris entre *i* et *k*, représente les lits de la lave, ou voisins de *i*, s'inclinant brusquement à partir du Val del Bove. Ceux du milieu, situés au-dessous de *k*, sont horizontaux, et ceux qui se trouvent au sommet ou en *k*, s'inclinent doucement vers le val del Bove (voy. pp. 12 et 17).

L. — Roches tertiaires et sablonneuses anciennes se composant principalement de grès.

d'une vallée comparable à celle du Val del Bove. Quant à l'Etna, il est impossible de décider lequel des deux foyers A ou B (*fig.* 72) a produit les éruptions les plus anciennes, mais il est évident que lorsque le foyer A de Trifoglietto B eut été épuisé, l'évent principal de Mongibello déployant toute son activité, ne cessa de recouvrir de ses laves et de ses scories le petit cône *d*, *i* jusqu'à ce qu'il l'eût réduit tout entier à n'offrir qu'une pente *k*, *f*, *h*. Ce n'est qu'ensuite que se forma la cavité du Val del Bove *h*, *i*, *k*, qui doit être surtout attribuée, je le

présume, à des explosions analogues à celles qui, antérieurement à la production du cône moderne du Vésuve, auraient enlevé l'ancienne portion centrale de la Somma (Vol. I, p. 825).

L'arrangement des couches que l'on voit entre *k* et *i* (*fig.* 72), dans le grand précipice situé à l'extrémité supérieure du Val del Bove et surtout l'horizontalité de celles qui, immédiatement au-dessous de *k*, sont figurées par une teinte noire, présentent, au point de vue géologique, un intérêt tout à fait particulier. La complète absence d'inclinaison qu'on y remarque, les fait contraster, d'une manière remarquable, avec ces lits que la même coupe représente comme fortement inclinés dans la Serra Giannicola. Afin d'étudier ces couches horizontales, je descendis deux fois dans le grand précipice à des points différents qui avaient été déjà examinés par un très-petit nombre de géologues, et j'observai la ressemblance remarquable de l'un des anciens courants de lave avec celui de 1669 qui, dans les environs de Catane, inonda une partie de plaine, couverte d'une riche végétation. La terre végétale y était calcinée ou convertie en une espèce de pierre rouge-brique, qui me rappela les bandes rougeâtres qui séparent la plupart des laves qu'on observe à Madère. A moitié chemin entre le sommet et le fond du grand précipice, en un endroit appelé Teatro Grande, on apercevait un ancien courant de lave, qui s'est évidemment refroidie sur une surface plane, et dont la portion inférieure scoriacée reposait sur une bande rougeâtre de terre calcinée, sur laquelle il a coulé. Recouvrant les scories du fond se trouvait une masse centrale de lave pierreuse, qui n'avait pas moins de 12 mètres d'épaisseur; elle était sillonnée de fentes verticales qui lui donnaient une apparence presque colonnaire. Au-dessus, le courant reprenait l'aspect fortement vésiculaire et scoriacé qu'il montre ordinairement à sa partie superficielle. Nulle autre hypothèse que celle d'un axe double ne pourrait expliquer, d'une manière plausible, la portion de ce puissant cou-

rant, qui doit s'être refroidi sur une surface plane. De plus, le phénomène concorde parfaitement avec l'existence ancienne, en ce point, d'une selle unissant les deux cônes.

A propos du Vésuve, sujet que j'ai traité dans le premier volume, page 829, j'ai donné au lecteur la théorie de ce qu'on appelle les cratères de soulèvement, auxquels certains géologues ont attribué la forte inclinaison des laves de la Somma, qui plongent dans toutes les directions à partir d'un axe central. La même école a rapporté la structure du mont Etna à un mouvement semblable de soulèvement, par suite duquel toutes les formations volcaniques, primitivement horizontales, se seraient exhaussées tout d'un coup sous forme de masse montagneuse, de manière à prendre une forme conique, en forçant les couches de lave et de scories à plonger excentriquement vers tous les points à partir d'un axe de soulèvement. Or, en admettant même qu'il fût vrai que les lits alternativement scoriacés et pierreux offrissent une pareille inclinaison dans tous les sens, il n'en subsisterait pas moins à opposer à l'hypothèse sus-mentionnée un grand nombre d'objections irréfutables, parmi lesquelles je citerai l'impossibilité d'expliquer la position presque verticale que l'on observe dans une si grande quantité de dykes, appartenant à différentes époques. Mais, après les longs développements que j'ai donnés sur ce sujet dans la première partie de cet ouvrage, je me contenterai d'ajouter ici, en faveur de la théorie d'éruption, opposée à celle de soulèvement, qu'il peut se faire, ce qui arrive souvent, qu'un cône formé par éruption embrasse et ensevelisse un cône contigu de date plus ancienne et d'origine semblable, tandis qu'il n'est pas possible de concevoir comment un cône de soulèvement, en admettant même que les forces volcaniques aient toujours produit une pareille structure, pourrait envelopper un cône de formation antérieure.

Défaut de parallélisme dans les laves anciennes. — Cependant, il nous paraît fort utile de signaler, avec quelques

détails, certains traits caractéristiques que présentent la forme et la structure des couches intersectées dans les falaises du Val del Bove, afin de montrer que ces couches n'ont pas une épaisseur uniforme, et qu'elles sont bien loin de conserver partout entre elles ce parallélisme parfait qui leur a été attribué. Considérées dans leur ensemble et vues d'une certaine distance, elles offrent à l'œil, il est vrai, une grande apparence de régularité, mais, examinées de plus près, elles se

Fig. 73.



Couches pierreuses de l'escarpement septentrional du Val del Bove dans la Serra di Cerrita, faisant partie du Concazze (voy. la carte fig 71), où le précipice a 300 mètres de haut.

a. — Coupe verticale d'une roche de 12 mètres.

b, c. — Couches situées à l'ouest dans le même plan, formant la partie la plus épaisse de *a*.

d. — Même couche que *a*, s'amincissant à l'ouest jusqu'à n'avoir plus qu'une épaisseur de 1m20 à 1m50, à la distance seulement de quelques centaines de mètres de *a*.

montrent variables, tant sous le rapport de leur épaisseur, que sous celui de leur plongement, de manière à confirmer tout ce qu'on pouvait prévoir de la part de courants qui, s'échappant du sommet de la montagne, ont coulé le long d'un cône

Fig. 74.



Lits non parallèles de lave pierreuse dans le Concazze, ou partie de l'escarpement septentrional du Val del Bove.

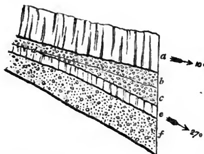
La distance verticale de *a* en *b* est d'environ 18 mètres. Des tufs incohérents et des scories interviennent entre les lits solides qui sont représentés dans cette figure.

aussi abrupte que l'est celui de l'Etna. Les dessins ci-joints expliqueront les dispositions que présentent les laves et les scories en plusieurs points qui, tant au nord qu'au sud des

parois du Val del Bove, se montrent à découvert dans des coupes verticales.

Quelques auteurs ayant pensé que la continuité de la plupart des lits que l'on observe dans les falaises, limitant le Val del Bove, était une objection contre la théorie suivant laquelle ces couches auraient successivement coulé les unes au-dessus des autres le long des flancs inclinés d'un grand cône, je ferai remarquer, qu'il suffit de rencontrer une coupe de ces lits suivant la même direction que la course originelle des courants, pour avoir tout lieu de croire qu'elle se continue sur une distance de plusieurs kilomètres. Quant à leur plongement, serait-il même de 20° ou 30°, ce ne serait pas une raison de conclure, ainsi que je le démontrerai dans la suite, que ces couches n'ont pas eu, à leur origine, une aussi forte inclinaison.

Fig. 75.



Couches de lave doléritique et de scories dans la Serra del Solfizio, côté sud du Val del Bove.

a. — Couche de lave pierreuse de 3m60 d'épaisseur, incliuée sous un angle de 10 degrés.

b. — Couche de scories, de 1m50 d'épaisseur, avec fragments angulaires de lave scoriacée.

c. — Couche composée de matériaux semblables, mais plus grossiers, se perdant en *d*.

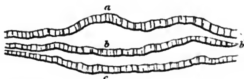
e. — Couche de lave basaltique, de 0m90 dans sa plus grande épaisseur, et plongeant sous un angle de 27 degrés (inclinaison plus rapide que celle de *a* de 17 degrés.)

f. — Couche scoriacée fragmentaire de 3 mètres d'épaisseur, ayant la même inclinaison que la plupart des lits dont elle est surmontée.

Je ferai remarquer ici que je n'ai pu découvrir aucune

trace visible de cônes latéraux ensevelis dans les grandes coupes fournies par les parois du Val del Bove. Ces espèces de cônes se voient parfaitement à Madère, dans des ravins de

Fig. 76.



Laves recourbées dans la colline de Zoccolaro, à l'extrémité orientale de la Serra de Sollizio.

a, *b*, *c*. — Trois lits de lave d'une épaisseur variant entre 1m 20 et 1m 80, et séparés par de la matière incohérente.

b se perd en *b'*.

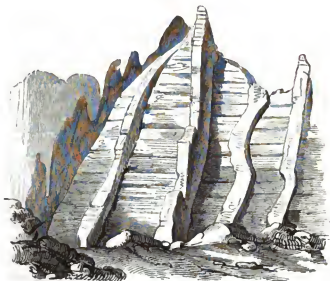
a et *c* sont écartés l'un de l'autre de 12 mètres, dans le milieu de cette coupe, aux extrémités de laquelle ils n'offrent plus entre eux qu'un éloignement de 3m 60 à 4m 20.

l'intérieur, ainsi que dans des falaises marines ; et leur absence dans le Val de Bove conduit à conclure que la grande période des éruptions latérales est venue postérieurement à l'origine de cette vallée.

Dykes dans le Val del Bove. — J'ai déjà fait allusion à une série de dykes de greenstone ou diorite que Waltershausen a signalés comme convergeant vers le centre d'éruption ou axe supposé de Trifoglietto (voy. p. 12) ; mais on peut voir un bien plus grand nombre de ces dykes, ou murs verticaux de lave, rayonner de Mongibello, centre moderne d'éruption. Ils consistent principalement en dolerite ou gritstone, roche intermédiaire entre le trachyte et le basalte, et qui constitue les trachi-dolerites de quelques géologues. Leur largeur est de 60 centimètres à 6 mètres et même plus, et ils font ordinairement saillie sur la face des falaises, comme on le voit dans le dessin ci-joint (*fig.* 77). Ils se composent de matériaux plus durs que les strates qu'ils traversent, et, par suite, se décomposent moins rapidement sous l'influence des effets répétés de congélation et de dégel auxquels les

roches se trouvent exposées, dans cette région de l'Etna. Quoique les dykes soient, pour la plupart, verticaux, quel-

Fig. 77.



Dykes situés à la base de la Serra del Solfizio (Etna).

ques-uns, cependant, suivent une direction tortueuse à travers les tufs et les brèches, ainsi que le représente la *fig.* 78.

Les dykes sont très-nombreux près de l'extrémité supérieure du Val del Bove, c'est-à-dire près des axes de Trifoglietto et de Mongibello que nous avons déjà signalés comme étant les deux anciens centres d'éruption. Ils se montrent encore abondants dans la zone de la montagne où les éruptions latérales sont fréquentes, mais au-dessous de cette ligne, ils deviennent extrêmement rares, comme dans la vallée de Calanna, par exemple, où se continue la section du Val del Bove ; plus bas encore, dans la vallée de San Giacomo, située dans la même direction orientale, on n'en rencontre plus de

traces. La rareté ou l'absence des dykes, à mesure que l'on s'éloigne davantage des grands centres d'éruption, est précisé-

Fig. 78.



Veines tortueuses de lave, à Punto di Giumento (Etna).

ment ce à quoi l'on pourrait s'attendre si l'on considérait les fissures verticales, actuellement remplies de roches solides, comme ayant formé les canaux qui donnaient issue aux courants de lave. Quelques-uns des dykes se confondent à leur extrémité supérieure avec des coulées de lave, de façon qu'ils s'arrêtent brusquement dans leur direction verticale, et ne pénètrent pas dans la partie plus élevée de ces courants de date postérieure à la formation des dykes.

Bien qu'on ignore quelle quantité de lave moderne peut s'être déversée dans le fonds du Val del Bove, on ne laisse pas de s'apercevoir que les éruptions qui éclatent près du centre de l'Etna ont déjà contribué à remplir en partie cette immense cavité. Ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, les rochers de Musara et de Capra ont, même de mémoire de personnes encore vivantes, beaucoup perdu de leur élévation et de leur grandeur pittoresque, par suite de l'accumulation de laves récentes qui s'est faite autour de leur base; et la grande cavité a interrompu la marche de plusieurs courants qui, sans cela, auraient inondé la région fertile, située au-

dessous. Les forces volcaniques agissent donc maintenant de manière à réparer la brèche qui a été produite sur un des côtés du grand cône, par une ou plusieurs éruptions violentes de date ancienne; et, à moins que ces forces ne perdent de leur énergie, ou qu'un nouvel affaissement n'ait lieu, elles pourront, avec le temps, faire disparaître cette inégalité ! Dans ce cas, la portion rétablie sera toujours discordante par rapport à la partie la plus ancienne, quoique consistant, comme elle, en couches alternantes de lave et de scories, qui, avec toutes leurs irrégularités, conserveront une pente générale se dirigeant du centre et du sommet de l'Etna vers la mer.

Origine du Val del Bove. — Ainsi que le montrera la coupe idéale donnée dans la figure 72, p. 15, je suppose que le centre moderne d'éruption (celui de Mongibello A) a absorbé l'ancien cône latéral formé par B, de manière à donner à la montagne entière une configuration symétrique, avant qu'il y eût la moindre trace de la vallée actuelle *k*, *i*, *h*. L'origine et le mode de formation de cet énorme gouffre ont été longtemps un sujet fécond de conjectures. Pas plus tard que l'année 1822, ainsi qu'on le verra dans le chapitre suivant, il arriva, pendant un violent tremblement de terre et des éruptions volcaniques qui se produisirent à Java, qu'un côté de la montagne appelée Gallongoor, couverte d'une épaisse forêt, se changea tout à coup en un gouffre énorme de forme semi-circulaire. La nouvelle cavité était située à mi-chemin entre le sommet de la montagne et la plaine, et se trouvait environnée de rochers escarpés.

On verra que, dans ce cas, des quantités considérables d'eau bouillante et de limon furent lancées comme un jet d'eau, et que d'énormes blocs de basalte furent projetés jusqu'à la distance de 11,200 mètres, en même temps que des cendres et des lapilli de la grosseur d'une noix atteignaient celle de 64 kilomètres. De nombreux villages distants de 39 kilomètres du centre d'éruption furent complétement engloutis, et

l'on peut juger, d'après cet événement, que la matière solide, éjectée par la force explosive de la vapeur d'eau, était assez volumineuse pour expliquer la formation de la nouvelle cavité, malgré la vaste étendue de ses dimensions.

On rapporte, ainsi qu'on le lira dans le XXX[e] chapitre de cet ouvrage, qu'en 1772, le Papandayang, le plus grand des volcans de Java, perdit 1,200 mètres de hauteur, et qu'en même temps 40 villages disséminés sur une étendue de 22,400 mètres de long sur 9,600 de large, furent complétement détruits. Les récits les plus anciens attribuent à un affaissement l'engouffrement de ces villages et la disparition du sommet du cône, mais des recherches postérieures, faites par Junghuhn, soixante-dix ans environ après l'explosion, ont démontré que les villages avaient été recouverts par le sable et les scories volcaniques, sous lesquels ils se trouvent aujourd'hui ensevelis, et que, sans aucun doute, la perte de hauteur qu'éprouva le grand cône, attribuée d'abord à un affaissement, a été occasionnée, au moins en grande partie, par l'action éruptive. Le sommet du Garguairazo, une des cimes les plus élevées des Andes de Quito, *s'éboula*, dit-on, le 19 juillet 1698 ; et, suivant la tradition, un autre cône d'une altitude plus considérable, appelé Capac Urcu, appartenant à la même chaîne, fut égalcment tronqué, peu de temps avant la conquête de l'Amérique par les Espagnols. Il est possible, qu'au moment où la lave se dispose à monter jusqu'au sommet de ces cônes, les fondements de certaines parties du volcan soient minées et fondues par la matière brûlante, et que les murs du cratère le plus élevé s'enfoncent par portions avant que le dégagement principal du gaz et l'éjection des scories aient commencé de se produire.

En 1792, un petit espace circulaire, appelé la Cisterna (voy. la carte *fig.* 71) et situé sur le bord du plateau d'où s'élance le cône le plus élevé de l'Etna, s'engouffra jusqu'à la profondeur de 12 mètres environ, en laissant une cavité sur tous

les côtés de laquelle se voient aujourd'hui, en coupe verticale, des laves pierreuses alternant avec des scories. On peut donc concevoir que des parties de l'étendue occupée par le Val del Bove, aient pu, d'une manière analogue, s'affaisser pendant des tremblements de terre ; mais il est probable, je crois, que la portion la plus considérable de l'énorme cavité a été produite par des explosions de vapeurs emprisonnées qui se sont échappées des fissures souterraines, lorsque se manifestèrent une ou plusieurs éruptions latérales, coïncidant peut-être avec un réveil temporaire de l'ancien foyer d'éruption, auquel j'ai donné les noms d'axe de Trifoglietto.

Éruptions de l'Etna de date historique. — Écroulement du sommet du grand cône. — Tout ce que nous avons dit ailleurs sur la première existence de l'Etna à l'état de volcan sous-marin, sur la formation de la partie sub-aérienne de la montagne par l'effet d'émissions de lave et de scories de deux centres principaux, sur le soulèvement général qui suivit de toute la masse au-dessus de la mer, et sur l'origine probable du Val del Bove, a été entièrement basé sur des déductions géologiques tirées de la structure intérieure de la montagne.

Nous pouvons maintenant reprendre l'histoire de l'Etna et y rechercher tout ce qui est relatif aux changements qu'a subis ce volcan, depuis l'époque où il commença d'exciter l'intérêt du monde civilisé.

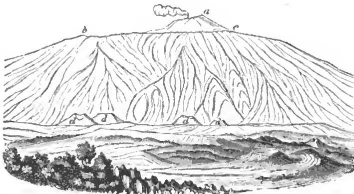
Il paraît que l'Etna a été en activité depuis les temps les plus reculés de la tradition ; car Diodore de Sicile fait mention d'une éruption qui, avant la guerre de Troie, obligea les Sicaniens d'abandonner un des districts qu'ils occupaient. Thucydide nous apprend que dans la sixième année de la guerre du Péloponèse, c'est-à-dire à une époque correspondant au printemps de l'année 425 avant J. C., les environs de Catane furent dévastés par un courant de lave, lors de la troisième éruption qui, suivant lui, eut lieu en Sicile après l'établissement d'une colonie Grecque dans cette

île (1). La seconde des trois éruptions citées par Thucydide se manifesta en 475 avant J. C.; c'est celle que, deux ans après, Pindare décrivit si poétiquement dans sa première ode Pythique :

> χιων
> Δ'ουρανια συνεχει
> Νιφοεσσ' Αιτνα, πανετεσ
> Χιονοσ οξειασ τιθηνα.

Ces vers et les sept autres qui suivent renferment une description graphique de l'Etna, conforme à l'aspect qu'il offrait cinq siècles avant l'ère Chrétienne, et à celui qu'il a présenté pendant les éruptions qui ont eu lieu dans les temps modernes.

Fig. 79.



Vue du sommet tronqué de l'Etna, côté Nord-Ouest, prise d'un point situé près de Bronte. — D'après la planche 2 de l'Atlas de Sartorius de Waltershausen.

a. — Cône moderne.
b, c. — Bords du plateau le plus élevé.
d. — Petit cône.

Bien que le poëte ne fasse allusion au volcan Sicilien qu'incidemment, et comme étant le tombeau de Typhée, quelques touches de cette main de maître ont suffi pour que chacun des traits saillants du tableau ait été fidèlement représenté. Nous connaissons les expressions de « le neigeux Etna, la colonne

(1) Livre III, à la fin.

du ciel — réservoir de glaces éternelles, renfermant dans ses antres profonds les fontaines d'un feu inaccessible — source de tourbillons de fumée qui s'échappent pendant le jour, et de flamme éclatante et rougeâtre qui éclaire pendant la nuit — montagne aux roches brûlantes qui se détachent et roulent dans la mer avec un horrible fracas. »

Alessi, dans son histoire de l'Etna, cite un passage de Sénèque, dans lequel ce philosophe qui vivait au premier siècle de notre ère fait remarquer à Lucilius que, de son temps, le mont Etna a tellement perdu de sa hauteur que les bateliers ne peuvent plus apercevoir ce volcan de certains points d'où ils le voyaient autrefois. A une époque beaucoup plus récente, Falcando rapporte que la cime extrême de l'Etna s'écroula en 1179 ; et, suivant Fazzello, elle aurait été détruite pour la troisième fois, en 1329. Cette cime fut engloutie pour la quatrième fois en 1444, et finalement le sommet entier de la montagne s'éboula en 1669 (1). Ces destructions successives et celles qui les ont précédées peuvent bien avoir eu pour résultat de produire la forme d'un cône tronqué, tel que le représente le dessin ci-joint (*fig.* 79).

Éruption de 1669. — Formation des monti Rossi. — La grande éruption de 1669 à laquelle nous venons de faire allusion, mérite une attention particulière, comme étant la première qui ait été signalée par des observateurs scientifiques. Un tremblement de terre ayant détruit toutes les maisons de Nicolosi, ville située près de la limite inférieure de la région boisée, à 32 kilomètres environ du sommet de l'Etna, et à 16 kilomètres de la mer à Catane, deux gouffres s'ouvrirent près de cette ville, et il en sortit une telle quantité de sable et de scories, que, dans l'espace de trois ou quatre mois, un double cône se trouva formé : on le distingue sous le nom des Monti Rossi (ou Monte Rosso), et il a 135 mètres de hauteur. Mais

(1) *Alessi, Storia critica dell Eruz. dell' Etna*, p. 149

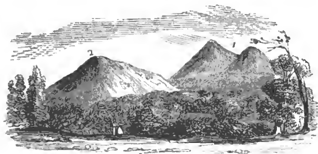
le phénomène le plus extraordinaire se manifesta au commencement de la convulsion dans la plaine de San Lio. Une fissure de 1^{m}80 de large et d'une profondeur inconnue, s'ouvrit avec un bruit effroyable, et en suivant une direction un peu tortueuse jusqu'à 1,600 mètres du sommet de l'Etna. Elle se développait du nord au sud, sur une longueur de 19 kilomètres, en émettant une clarté très-vive. Cinq autres fissures parallèles d'une étendue considérable s'ouvrirent ensuite successivement; il s'en échappa de la vapeur, et les mugissements qui en sortirent furent entendus jusqu'à la distance de 64 kilomètres. Ce phénomène semble présenter au géologue un exemple de la manière dont ont été formés les dykes continus de porphyre vertical que l'on voit traverser quelques-unes des laves les plus anciennes de l'Etna; car la lumière émise par la grande fente de San Lio paraît indiquer que cette fissure était remplie de lave incandescente, probablement jusqu'à la hauteur d'un orifice peu éloigné des Monti Rossi, et qui s'ouvrit à cette époque, en donnant issue à un courant de lave. Quand la matière en fusion se refroidit dans une pareille fissure, elle doit former un mur solide ou dyke, qui coupe les roches plus anciennes dont se compose la montagne; des fentes semblables ont été observées lors de plusieurs éruptions postérieures; en 1822, par exemple, lorsqu'elles rayonnèrent en tous sens à partir du centre du volcan. M. Elie de Beaumont a fait remarquer que ces fractures en forme d'étoile pouvaient indiquer un léger soulèvement du massif de l'Etna. Elles semblent être l'indice de l'extension de cette montagne qui se serait ainsi élevée graduellement par l'effet d'une force agissant de bas en haut (1).

Le courant de lave de 1669 dont nous avons déjà parlé, atteignit bientôt dans sa course un petit cône appelé Monpileri, à la base duquel il se précipita dans une grotte souter-

(1) Mémoir. pour servir, etc. Tom. IV, p. 116.

raine, communiquant avec une suite de ces cavernes si communes dans les laves de l'Etna. Là, il parait avoir déterminé

Fig. 80.



Petits cônes situés sur les flancs de l'Etna.

1. — Monti Rossi, près de Nicolosi, formés en 1669.
2. — Monpileri.

la fusion des fondations voûtées du cône, de telle sorte que l'ensemble de la colline a subi une légère dépression et se montre traversée par un grand nombre de fissures béantes.

Destruction d'une partie de Catane. — La lave, après avoir envahi quatorze villes ou villages, dont plusieurs avaient une population de trois mille à quatre mille âmes, finit par arriver jusqu'aux murs de Catane. Ces murs avaient été élevés pour protéger la ville, mais le flot brûlant s'amoncela jusqu'à ce qu'il atteignit le sommet du rempart, dont la haute r était de 18 mètres ; puis, il retomba en cascade de feu et engloutit une partie de la ville. Le mur, toutefois ne fut pas renversé ; mais, lors des fouilles que le Prince de Biscari fit exécuter longtemps après dans la roche, il fut mis à découvert, de sorte qu'aujourd'hui le voyageur peut voir sur le sommet du rempart la lave solidifiée avec la courbure qu'elle présentait au moment de sa chute.

Ce grand courant fournit sa première course de 21 kilomètres en 20 jours, c'est-à-dire qu'il marcha à raison de 44 mètres à l'heure, mais il lui fallut 23 jours pour parcourir

les derniers 3 kilomètres, sa vitesse se trouvant alors réduite à 6 mètres à peu près à l'heure. Dolomieu nous apprend que, la lave qui, en certains points, s'avançait à raison de 450 mètres à l'heure, mit ailleurs plusieurs jours pour parcourir un espace de quelques mètres (1). Au moment de pénétrer dans la mer, ce courant conservait encore une largeur de 600 mètres et une épaisseur de 12 mètres. Il recouvrit plusieurs territoires des environs de Catane qui, auparavant, n'avaient jamais été atteints par les laves de l'Etna. Pendant qu'il s'avançait, sa surface présentait en général une masse de roche solide ; et son mode de progression, ainsi que cela arrive d'ordinaire pour les courants de lave, avait lieu par les crevasses accidentelles de ses murs solides. Un habitant de Catane, nommé Pappalardo, dans le but de préserver la ville de l'atteinte du torrent qui la menaçait, sortit de Catane avec 50 hommes qu'il fit revêtir de peaux pour les garantir de la forte chaleur, et qu'il arma de leviers et de crochets en fer. Ils pratiquèrent une tranchée dans un des murs solides qui flanquaient le courant près de Belpasso, et aussitôt un flot de matière en fusion s'échappa par cette ouverture, en se dirigeant vers Paterno ; mais les habitants de cette ville, alarmés pour leur propre sûreté, prirent les armes et empêchèrent qu'on se livrât à d'autres travaux (2).

Nous citerons encore, comme exemple de la solidité des murailles d'un courant de lave, lorsqu'il est en mouvement, le fait suivant que raconte Recupero. En 1766, étant monté sur une petite colline formée de matière volcanique ancienne, pour observer la marche lente et graduelle d'un courant incandescent, de 4 kilomètres de large, il vit tout à coup deux petits filets de lave en fusion qui, sortant d'une crevasse, se détachèrent du courant principal et se précipitèrent avec rapidité vers la colline. Ils n'eurent, lui et son guide,

(1) Voy. Prof. J.-D. Forbes, *Phil. Trans.*, 1846, p. 155, sur la vitesse de la lave.
(2) Ferrara, *Descriz. dell' Etna*, p. 108.

que le temps de fuir, avant que la colline, qui avait 15 mètres de haut, se trouvât entourée par cette matière ; un quart d'heure après, elle était fondue et coulait avec la masse brûlante.

Toutefois il ne faut pas supposer que cette fusion complète d'une matière rocheuse au contact de la lave ait lieu toujours ou même fréquemment. Ce phénomène n'arrive probablement que lorsque des matières incandescentes, nouvellement émises, se mettent successivement en contact avec des matériaux fusibles. A peine aperçoit-on dans plusieurs des dykes qui traversent les tufs et les laves de l'Etna, quelque altération produite par la chaleur sur les bords des lits horizontaux en contact avec la masse verticale et plus cristalline. En 1704, on fit des fouilles sur l'emplacement de Monpileri, une des villes englouties lors de la grande éruption précédemment décrite ; mais ce ne fut qu'à force de travail et de peine que les ouvriers atteignirent, à 10^{m}50 de profondeur, la porte de l'église principale, où étaient trois statues en grande vénération. Une d'elles, ainsi qu'une cloche, quelques pièces de monnaie, et différents autres objets, furent retirés dans un très-bon état de conservation, de dessous une grande voûte formée par la lave. Il semble très-extraordinaire que des œuvres d'art aient pu, sans être enveloppées de tuf, comme celles d'Herculanum, échapper à la fusion dans les cavités qu'à laissées ce courant de lave, qui, huit ans après avoir pénétré dans Catane, conservait encore une chaleur telle, qu'on ne pouvait tenir la main dans quelques-unes de ses crevasses.

Cavernes souterraines de l'Etna. — Il a déjà été question d'un courant de lave qui, pénétrant dans une grotte souterraine, mina partiellement la base d'une colline. Ces sortes de passages souterrains forment un des traits les plus curieux de l'Etna, et paraissent devoir leur origine à la conversion soudaine en vapeur d'eau des lacs ou des sources

qu'envahit le courant igné. Ces volumes énormes de vapeur ainsi produite s'ouvrent sans doute un chemin à travers la lave liquide déjà couverte à sa surface extérieure d'une croûte solide, et font que les parois de ces passages prennent en se durcissant les formes les plus irrégulières. Près de Nicolosi et non loin des Monti Rossi, une de ces grandes ouvertures, connue sous le nom de la Fossa della Palomba, a 190 mètres de tour à son entrée, et 24 mètres de profondeur. Au fond de cette ouverture, se trouve une autre cavité sombre; puis d'autres encore qui se succèdent et conduisent quelquefois dans des précipices où l'on descend à l'aide d'échelles. Ces voûtes aboutissent à une grande galerie de 27 mètres de long sur 5 et 15 mètres de large, et au delà de laquelle existe encore un passage; mais comme jusqu'ici il n'a point été exploré, l'étendue de ces cavernes est restée inconnue. Les murs et les plafonds de ces grandes voûtes sont composés de scories grossières et cassantes, qui offrent les formes les plus fantastiques.

Changements produits par les éruptions modernes dans le Val del Bove. — Les changements qui se sont produits dans l'aspect de plusieurs parties de l'Etna, et surtout dans celui du Val del Bove, entre ma première et ma seconde excursion, c'est-à-dire dans l'intervalle de 1825 à 1857, sont excessivement remarquables. La profonde cavité est appelée « Val di Bué » dans le langage des paysans de la contrée; car là le pâtre :

— *In reductâ valle* mugientium
Prospectat errantes greges.

Le docteur Buckland fut, je crois, le premier géologue Anglais qui observa cette vallée avec quelque attention, et je lui suis redevable de me l'avoir signalée, avant que je visitasse la Sicile, comme étant plus digne d'intérêt qu'aucun autre point isolé de cette île, ou même peut-être de l'Europe entière.

Le lecteur a déjà pu se faire une idée du paysage, par les planches V et VI, dont nous avons donné la description pages 9 et 10, et qui représentent, vu d'en haut et d'en bas, le vaste amphithéâtre de 6,400 à 8,000 mètres de diamètre. Le dessin ci-joint, *fig.* 81, est une partie de l'esquisse panoramique, que je pris du sommet le plus élevé, le 1er décembre 1828, au moment où toutes les parties de la montagne étaient sans nuages, à l'exception du Val del Bove, dont on n'apercevait que quelques précipices supérieurs avec leurs grands dykes verticaux et saillants. Le cratère le plus rapproché du petit plan et le petit cône adjacent, font partie de ceux qui se formèrent durant les éruptions de 1810 et 1811, c'est-à-dire huit ans avant ma visite.

Les laves qui, dans ces années et plus tard en 1819, sortirent des points voisins de l'extrémité supérieure du Val del Bove, coulèrent à travers quelques rochers isolés, appelés Finocchio, Capra et Musara, restes de l'ancien cône de l'Etna, qui n'avait pas encore été détruit à l'époque où se forma l'énorme cavité. Dans la planche V, les chiffres 5, 6 et 9 indiquent la position de ces rochers, dont la hauteur déjà réduite de beaucoup par les laves de 1811 et 1818 accumulées autour de leur base, l'a été bien davantage, ainsi que je l'ai observé en 1857, par les coulées de 1652 qui en ont considérablement diminué l'importance. Lorsqu'en remontant la vallée, j'aperçus ces roches pour la première fois, je ne pus m'empêcher de les comparer aux Trosachs des Highlands d'Écosse, qui

— « *Like giants stands.*
To sentinel enchanted land (1). »

quoique la grandeur sévère de la scène qu'ils contribuent à embellir, n'offre point le caractère que l'imagination d'un poëte créerait de préférence pour une vallée enchantée. Elle

(1) — « Tels que des géants se tiennent debout pour veiller à la garde d'une terre enchantée. »

s'accorderait bien mieux avec la peinture que fait Milton du monde infernal; et si nous nous représentons un de ces cou-

Fig. 81.



Vue de l'intérieur du Val del Bove, prise du sommet de l'Etna.

rants de feu qui si souvent, ont traversé la grande vallée, se mouvant au milieu des ténèbres de la nuit, nous nous rappellerons naturellement :

> — *Yon dreary plain, forlorn and wild*
> *The seat of desolation, void of light,*
> *Save what the glimmering of these livid flames*
> *Cast pale and dreadful* (1).

Les petites bandes d'herbages et de bois qui çà et là, ont échappé à l'envahissement de la lave brûlante, ajoutent encore, par le contraste qu'elles présentent, à la désolation de la

(1) Au loin, cette plaine abandonnée, sauvage, où règnent la désolation, la tristesse, et qui n'a d'autre lumière que les pâles et effrayantes lueurs qui s'échappent de ces flammes livides.

scène. Lorsque neuf ans après l'éruption de 1819, je visitai la vallée, j'aperçus, sur les lisières de la lave noirâtre, des

Fig. 82.



Vue des rochers de Finocchio, de Capra et de Musara (Val del Bove).

centaines d'arbres, ou plutôt les blancs squelettes d'arbres dont les troncs et les branches sans feuilles avaient perdu leur écorce par suite de la chaleur brûlante qui se dégageait de la roche fondue. Cette vue me rappela les beaux vers suivants :

As when heaven's fire
Hath scath'd the forest oaks, or mountain pines,
With singed top their stately growth, though bare,
Stands on the blasted heath (1).

Là, règne un silence extraordinaire ; car il n'y a dans cette vallée ni torrents qui s'échappent des rochers, ni aucun de ces bruits produits par les mouvements de l'eau courante, qu'on entend dans presque toutes les régions montagneuses. Chaque goutte d'eau qui tombe du ciel, ou qui découle de la neige et de la glace fondante, se trouve à l'instant même

(1) De même quand le feu du ciel a frappé les chênes de la forêt, ou les pins de la montagne, leur tronc majestueux, quoique nu et surmonté d'une cime légèrement brûlée, n'en reste pas moins debout au milieu de la bruyère en cendres.

absorbée par la lave poreuse; et, tel est le peu d'abondance des sources, que pendant les fortes chaleurs de l'été, le pâtre est obligé de donner à ses troupeaux de l'eau provenant de neiges recueillies en hiver dans les creux de la montagne.

A la fin de l'automne, quand le soleil éclaire les régions tant supérieures qu'inférieures de l'Etna, ainsi que toutes les autres parties de la Sicile, on voit souvent des nuages de vapeur blanchâtre remplir le Val del Bove, et, disséminés en partie le long des faces des précipices escarpés, faire ressortir en un relief pittoresque les lignes noires que forment les dykes. Vers midi, lorsque les vapeurs commencent à s'élever, les changements de scène varient à l'infini, diverses roches se trouvant tour à tour voilées ou démasquées; souvent aussi le sommet de l'Etna se laisse voir pendant quelques instants à travers les nuages, avec ses neiges éblouissantes, pour disparaître ensuite aussi subitement qu'il s'était montré.

Eruptions de 1811 et 1819. — Nous avons déjà parlé des courants de lave qui furent émis en 1811 et 1819. Gemmellaro, qui fut témoin de ces éruptions, nous apprend qu'en 1811 de fortes détonations, partant du grand cratère, annoncèrent d'abord qu'une colonne de lave s'était élevée près du sommet de la montagne. Une violente secousse se fit ensuite sentir, et un courant s'échappa d'un des flancs du cône, à peu de distance de la cime. Peu après que cette lave eut cessé de couler, un second courant jaillit par une autre ouverture, mais beaucoup au-dessous du premier; puis un troisième encore plus bas, et ainsi de suite, jusqu'à ce que sept issues différentes eussent été ainsi formées successivement, sur une même ligne droite. On a supposé que cette ligne était une fente perpendiculaire dans la charpente intérieure de la montagne, et que cette fente n'avait point été le résultat d'une seule secousse, mais qu'elle s'était prolongée successivement de haut en bas, par suite du poids, de la pression et de la chaleur intense de la colonne de lave intérieure, à mesure qu'elle

s'abaissait par l'effet de l'écoulement graduel qui s'opérait par chaque ouverture (1).

En 1819, trois grandes bouches ou cavernes s'ouvrirent près de celles qui avaient été formées pendant les éruptions de 1811, et des flammes, des scories rouges et du sable s'en échappèrent avec de fortes détonations. Quelques minutes après, une autre ouverture se produisit plus bas, en vomissant du feu et de la fumée; enfin, plus bas encore, un cinquième orifice se forma, et il en sortit un torrent de lave qui se répandit avec une grande vitesse sur le Val del Bove. Arrivé à un grand précipice, appelé le Sàlto della Giumenta, et situé à l'extrémité supérieure de la vallée de Calanna, ce torrent s'y déversait en cascade, en faisant entendre un bruit extraordinaire de craquement à mesure qu'il atteignait le fond. La colonne de poussière produite par l'abrasion de la colline tufacée sur laquelle descendait la masse durcie était si considérable que les habitants de Catane en conçurent une vive alarme, croyant qu'une nouvelle éruption, plus violente encore que celle qui avait eu lieu près du sommet de l'Etna, s'était produite dans la région boisée.

En 1819, M. Scrope observa ce courant qui, neuf mois après sa sortie du cratère, s'avançait lentement sur une pente considérable, en ne parcourant qu'un mètre environ par heure. La couche inférieure se trouvant arrêtée par la résistance qu'offrait le sol, la partie supérieure ou centrale faisait graduellement saillie, et, manquant de point d'appui, finissait par tomber, et était atteinte à son tour par une masse de lave plus liquide qui se gonflait et se répandait à sa surface. Le courant offrait complétement l'aspect d'un énorme amas de cendres grossières et volumineuses roulant sans cesse sur lui-même par l'effet d'un mouvement de propulsion extrêmement lent. La contraction de la croûte, à mesure qu'elle se

(1) Scrope, *on Volcanos*, p. 160.

rants simples avaient de 2^m40 à 4^m80 de profondeur, mais ceux qui se composaient de plusieurs coulées superposées montraient une épaisseur de 9 à 15 mètres, qui me parut même avoir atteint 45 mètres, en un point voisin de Portella, à l'entrée inférieure de la vallée de Calanna.

Fig. 83.



Les deux cônes formés dans le Val del Bove par l'éruption de 1852.

A — Partie inferieure de Giannicola Grando.
b. — Cône supérieur ou occidental.
c. — Cône inférieur appelé Centenario.
d. — Origine du courant de lave de 1852.

Quelques semaines après le 27 mai, alors qu'il y avait tout lieu de croire que la lave avait entièrement cessé de couler, et lorsque déjà tous les courants avaient leur surface encroûtée d'une couche de scories si résistante que les gens du pays pouvaient y marcher dessus en toute sûreté, il se produisit un fait extraordinaire et qui, au point de vue géologique, était d'une grande importance. Sur une certaine étendue de six à sept cents mètres de diamètre, située entre Zafarana et Ballo, tous les arbres à fruits et toutes les vignes furent mortellement atteints comme s'ils avaient été frappés par la foudre. Le sol ne laissait échapper aucun gaz brûlant, et la végétation ne souffrit nullement dans l'espace compris entre les terrains brûlés et la lave récente, qui se trouvait seulement à quelques mètres de distance. Le docteur Giuseppe Gemmellaro a pensé que l'explication la plus naturelle du phénomène était d'admettre que la lave s'était graduellement frayé un chemin à travers des passages souterrains, et qu'elle était ainsi arrivée au-dessous des champs en question, où elle avait desséché, par sa chaleur, les racines des plantes. On sait très-bien (v. ci-dessus, p. 33), que

des voûtes et des tunnels se trouvent en abondance dans la plupart des laves modernes de l'Etna, et que, dans la suite, ces espaces vides doivent inévitablement se remplir de matière en fusion qui ne tarde pas à s'y solidifier sous l'effet d'une pression considérable. Cette matière donne naissance à des masses de roches cristallisées, ou même quelquefois à des veines tortueuses, analogues à celles de la fig. 78, p. 22, et dont la coupe offrirait un problème difficile à résoudre pour tout géologue n'ayant aucune idée des conditions particulières qui ont présidé à leur formation.

Fig. 81.



Vue d'en haut des courants de lave qui traversèrent le Val del Bove en 1852-53.

a. — Partie de Giannicola Grande.
b, c, d. — Les mêmes points que dans la fig. 83.
e. — Monte Finocchio inférieur.
f. — Rocca Musara.
g. — Giannicola Piccola.
h, h. — Concazzo.
i, i. — Serra del Solfizio.

En 1858, je vis des colonnes de vapeur blanche se dégager, surtout après de fortes pluies, des nombreuses fumerolles qui couvrent cette lave de 1853. Sa surface, près de Zafarana, est divisée en crêtes longitudinales qui s'élèvent de 9 à 21 mètres au-dessus du fond des dépressions intermédiaires et parallèles.

Le tableau qui s'offrit à mes yeux était navrant de tristesse; les prairies, qu'en 1828 j'avais vues verdoyantes dans la vallée de Calanna, n'étaient plus que des terrains noirâtres et arides, et la vallée située au-dessus se trouvait tellement encombrée des produits stérilisants de la dernière éruption

que le contraste pittoresque qui existait jadis entre l'espace occupé par l'ancienne forêt et les bandes noires de lave moderne avait complétement disparu. La majeure partie de la grande vallée n'avait plus rien qui justifiât son nom d'origine, elle avait été transformée en un désert monotone, sans troupeaux, sans aucune créature vivante, si ce n'est parfois quelques chèvres broutant sur les hauteurs les touffes de buissons qui avaient échappé à la dévastation générale. Après avoir passé plusieurs jours sans y apercevoir même une chèvre, je fus tout surpris d'y rencontrer sur du sable volcanique meuble l'empreinte des pieds d'un loup, et me demandai comment ces animaux pouvaient encore trouver une proie dans ces solitudes.

Je traversai à pied une partie du nouveau champ de lave, en compagnie du signor G. Gemmellaro, jusqu'au rocher connu sous le nom de Finocchio, qu'en 1828 j'avais aisément atteint à dos de mulet. Il n'y avait plus de sentier qui y conduisit, et nous trouvâmes la croûte noirâtre et scoriacée de la lave de 1852 qui avait formé, en se recourbant, des crêtes aiguës et longitudinales, séparées par des intervalles étroits de 6 à 12 mètres de profondeur. Les faces de ces laves saillantes s'inclinaient sous des angles de 20 à 40° et paraissaient être, en quelques points, tout à fait verticales. Chaque crête avait à son sommet, s'arc-boutant les uns contre les autres, des fragments de lave scoriforme, quelquefois tabulaire, analogues à ces amas de morceaux de glace que l'on observe dans les rivières du Canada, sur les points où un obstacle ou écore a arrêté le cours des masses flottantes. Plus fréquemment, les portions saillantes de la croûte superficielle affectaient les formes de madrépores gigantesques, ou de divers animaux, de daims et de chiens, par exemple ; mais, le plus souvent, elles reproduisaient des têtes de cerfs avec leurs bois rameux. La surface offrait parfois, à la couleur près, l'aspect des récifs de coraux dont on connait la description, et, mon pied

venant à glisser, j'eus occasion de me convaincre que les aspérités rocheuses de ces laves étaient capables d'écorcher les mains aussi bien que de véritables coraux. Les pierres placées au sommet et sur les côtés de la plupart de ces crêtes y étaient si peu adhérentes que lorsque l'une d'elles se mettait à dévaler, elle était suivie d'un grand nombre d'autres, qui tombaient, comme une avalanche continue, dans la rigole audessous ; mais, obligés que nous étions d'aller en zig-zag à chaque pas de notre ascension, il n'y avait pas à craindre que l'un de nous se trouvât juste au-dessous de celui qui le précédait, quand ces pierres se précipitaient comme un torrent. Çà et là, nous étions arrêtés dans notre marche directe par une crête, rendue infranchissable par la roideur ou l'incohérence des fragments rocheux dont se composait sa croûte, et nous étions alors forcés de faire un long détour, en tournant souvent le dos au but que nous nous proposions d'atteindre et qui était la colline de Finocchio. A voir la manière dont ces blocs détachés se tenaient en équilibre, les uns audessus des autres, sur des crêtes excessivement étroites, nous étions tout étonnés qu'ils n'eussent pas été balayés par les vents violents qui soufflent sur ces hauteurs. Je grimpai sur quelques-unes de ces éminences pour me convaincre que ces blocs n'étaient pas soudés à la masse sous-jacente de scories, et je trouvai qu'ils étaient mobiles et ne tenaient que par les légères inégalités de leur surface.

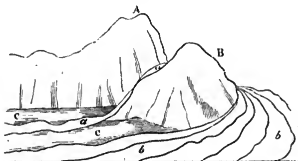
Nous arrivâmes enfin à Finocchio ; la masse s'élevait comme un îlot rocheux, à moitié submergé dans les laves de différents âges, et ayant, près de sa base, la coulée récente de 1852. L'œil se trouvait soulagé d'une manière indicible à la vue de cette oasis : quoique le jour fût brumeux, le gazon vert, rehaussé par les fleurs d'une jacobée jaune, avait un aspect éclatant par le contraste qu'il faisait avec le noir désert environnant, et le crocus automnal (*colchicum autumnale*), également tout en fleurs, paraissait plus beau que jamais.

La manière dont ces fragments de scories incohérentes roulent souvent en grand nombre du sommet des crêtes dans les rigoles de lave, sert à montrer jusqu'à quel point les inégalités de la surface peuvent être amoindries ou même effacées, lorsque des coulées récentes viennent à se répandre sur de plus anciennes. On pourrait ainsi expliquer en partie la régularité et le parallélisme des laves lithoïdes successives que l'on observe entre deux lits de scories dans les escarpements du Val del Bove ; mais la raison principale pour laquelle ces anciennes coulées se montrent pour la plupart si concordantes entre elles c'est, je crois, parce que les pentes qu'elles ont descendues étaient très-rapides ; — les crêtes élevées et aiguës étant des signes caractéristiques que la lave a coulé sur un sol plus plat ou sur des plans légèrement inclinés. Quand ces courants suivent des pentes très-rapides, l'épaisseur modérée qu'ils acquièrent suffit, à elle seule, pour empêcher toute formation de ces ondulations que nous venons de décrire, et dont la hauteur est de 3 à 9 mètres et plus.

Cascades de lave au Salto della Giumenta. — Le Mont Etna fournit en divers points des exemples très-instructifs relativement à la forme superficielle et à la structure intérieure de certains courants de lave, de date connue, qui ont coulé sur des pentes fortement inclinées. Nous avons déjà fait allusion, page 37, à l'un de ces courants qui, en 1819, s'épancha du haut d'un précipice qui forme l'extrémité supérieure de la vallée de Calanna. Ce précipice, connu sous le nom de Salto della Giumenta, mesure 120 mètres environ de hauteur et plusieurs dizaines de mètres de large. Le dessin ci-joint, fig. 85, que je fis en 1828, le montre en profil avec une branche de la lave de 1819, *a*, qui coule par-dessus. La fig. 86 représente le même précipice vu de face ; j'en pris l'esquisse en 1858, alors qu'un courant beaucoup plus abondant de matière en fusion, provenant de la lave de 1852, était retombé, en cascade, de la hauteur en

question, et avait inondé la plaine au-dessous. Toutefois, le même courant *c* avait, en grande partie, comme ses prédé-

Fig. 85.



Laves modernes, telles qu'on les voyait en 1828, descendant le précipice du Salto, situé à l'extrémité supérieure de la vallée de Calanna, et coulant autour de la colline de ce nom.

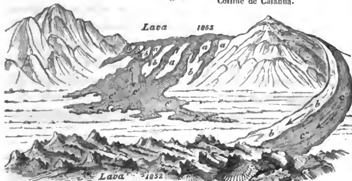
A — Zoccolaro.
B. — Monte di Calanna.
c. — Plaine située à l'extrémité supérieure de la vallée de Calanna.
a — Lave de 1819, descendant le précipice appelé Salto della Giumenta et coulant à travers la vallée.
b. — Laves de 1811 et de 1819, coulant autour de la colline de Calanna.

cesseurs de 1811 et 1819, contourné le promontoire formé par la colline de Calanna ; et, marchant droit devant lui, s'était accumulé sur le côté gauche de la vallée du même nom, de manière à surélever les talus qui la limitent sans pénétrer dans son intérieur.

Comme les laves de 1819, celles de 1852 ont été couvertes à l'origine de la croûte scoriacée habituelle, partout où elles se sont solidifiées sur la face abrupte d'un précipice. Mais cette croûte, d'environ 90 centimètres d'épaisseur, a été, en plusieurs endroits, entrainée par la pluie ; et la couche continue qu'elle recouvrait et qui se compose d'une matière solide et pierreuse, s'est ainsi trouvée à découvert. Cette roche est un peu celluleuse, elle contient des cristaux de feldspath, d'augite et d'olivine, ainsi que du fer titane ; inclinée sous

des angles de 35 à 50°, elle fournit par cela même une réfutation éclatante de la doctrine suivant laquelle les couches

Fig. 86. Colline de Calanna.



Lave de 1852, tombant en cascade sur le mur du précipice appelé Salto della Giumenta.

aa. — Portions de la face du précipice, composées de roches semblables à celles de Zoccolaro et de la colline de Calanna, et qui n'ont pas été recouvertes par les laves modernes.

b. — Lave de 1819 qui, en s'épanchant, a encroûté la face du précipice.

bb. — Même lave contournant le promontoire de Calama, et suivant la même route que celle de 1811.

c. — Lave de 1852 s'épanchant en cascade sur le précipice.

c'. — La même lave se répandant sur la partie plane de la vallée de Calanna.

c''. — La même lave contournant le promontoire et recouvrant certaines portions des courants plus anciens de 1811 et 1819.

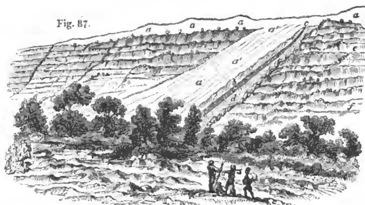
lithoïdes ne peuvent se consolider que sur des pentes de 3 à 5°.

Lave inclinée de Cava Grande. — Entre divers exemples qui montrent combien est erronée l'opinion à laquelle nous venons de faire allusion, je citerai une autre cascade de lave dont la structure intérieure est encore plus facile à observer. Sur le flanc oriental de l'Etna, au nord de Milo, se trouve un ravin profond et étroit que l'on appelle Cava Grande (voir la carte, *fig.* 71) ; bien qu'ordinairement à sec, il a été entièrement creusé à travers des lits successifs de lave et de scories anciennes par les eaux de torrents qui se sont accidentellement déversées en cascades sur un précipice perpendiculaire, en forme de fer à cheval, situé à l'extré-

mité supérieure du ravin. Le torrent, qui tend à se creuser graduellement un chemin en arrière, ajoute ainsi chaque jour à la longueur de l'étroite vallée. En octobre 1857, je fus témoin de la chute de plusieurs avalanches de sable et de pierres que les fortes pluies du jour précédent avaient désagrégés de la portion terminale de la falaise. Les parois latérales qui limitent Cava Grande ont 66 mètres de hauteur; elles sont en partie verticales, et, en partie inclinées, sous des angles qui varient entre 38 et 65°.

En 1869, un courant de lave descendit du Val del Bove,

Fig. 87.



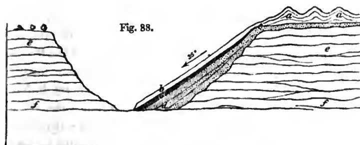
Lave fortement inclinée de Cava Grande, d'après une esquisse faite en octobre 1857.

a, a. — Courant principal de la lave de 1689, se dirigeant vers l'est.
a', a'. — Branche de la même lave, se déversant au nord, sous forme de cascade, dans le ravin appelé Cava Grande, avec une inclinaison moyenne de 35 degrés.
b. — Coupe de la partie superficielle ou scoriacée du courant, épaisse de 1m80.
c. c. — Couche solide de lave lithoïde, de 0m75 à 1m50 d'épaisseur, inclinée sous un angle de 35 degrés, et sous celui de 47 degrés à son extrémité supérieure.
d. — Lits scoriacés formant la base du courant *aa*, et sous-jacents à la couche lithoïde *c*.
e, f. — Falaise renfermant 10 courants anciens de lave provenant de l'Etna. Ces lits, horizontaux en apparence, plongent en réalité vers l'est ou vers la mer, sous un angle de 7 degrés.

en suivant une direction presque parallèle à celle de Cava

Grande, mais une portion du côté gauche de cette coulée se précipita dans le ravin de la manière représentée en *a' a' a'*, fig. 87.

Outre l'excavation en sens rétrograde que produit le torrent sus-mentionné à l'extrémité supérieure de Cava Grande, les précipices abruptes qui encaissent le ravin subissent les effets d'une destruction constante ; et, c'est par suite de ces actions réunies qu'a été mise à découvert une coupe verticale, montrant d'une manière claire la structure intérieure du courant *a a*. Cette coupe est représentée dans les dessins



Coupe supposée, du nord au sud, des rochers de Cava Grande, près de l'extrémité du ravin

aa. — Lave de 1689 avec crêtes parallèles et élevées courant de l'est à l'ouest.
b, c, d, e, f. — Comme dans la fig. 87.

ci-joints, fig. 87 et 88. Il est évident que lorsque la lave atteignit la crête des précipices, des fragments de la croûte solide, suivis d'une grande quantité de scories meubles, roulèrent au fond du ravin, et formèrent un talus qui réduisit la pente générale de la falaise à une inclinaison de 30 à 35°. Cependant, en *c*, près du sommet, une partie de la lave se consolida sous un angle de 47°, la couche lithoïde *c* n'ayant qu'une épaisseur de 75 centimètres, tandis qu'au-dessous elle en avait une deux fois plus considérable, en un point

où son inclinaison était moindre, ou seulement de 35°. La roche formée sur cette pente escarpée est aussi compacte que nos anciens traps ordinaires, et elle en a la même pesanteur spécifique. Elle contient des cristaux de feldspath et une petite quantité d'olivine, et est divisée par quelques joints qui s'élèvent à angle droit par rapport aux surfaces sur lesquelles cette roche s'est refroidie.

Inondation du Val del Bove en 1755. — Avant de parler du pouvoir qu'a l'eau courante de creuser des ravins sur les flancs de l'Etna, je crois devoir mentionner le seul cas connu d'un grand volume d'eau qui, venant de la région supérieure de la montagne, traversa le Val del Bove. L'événement eut lieu en l'année 1755. Une éruption s'était produite au sommet du volcan, au mois de mars, et, à cette époque, la neige couvrait la cime de la montagne. Le chanoine Recupero, excellent observateur et homme d'une grande intelligence, avait été chargé par Charles de Bourbon, roi de Naples, de faire un rapport sur la nature et sur la cause de la catastrophe. Recupero visita en conséquence le Val del Bove, en juin, trois mois après l'événement, et trouva que la surface occupée par l'inondation récente, de 3,200 mètres de largeur, était encore couverte de sable et de fragments de roche sur une épaisseur de 10ᵐ20.

Il évalua le volume de l'eau à 450,000 mètres cubes sur une longueur de 1,600 mètres, et dit que la vitesse d'écoulement fut à raison de 1,600 mètres par minute et demie, pour les vingt premiers kilomètres parcourus. A l'extrémité supérieure du Val del Bove, toutes les inégalités du sol qui existaient avant l'événement, sur un espace mesurant 3,200 mètres de longueur et 1,600 mètres de large, furent entièrement nivelées et même tout à fait aplanies ; l'on pouvait suivre les traces du passage de l'inondation, à partir du haut du grand précipice (ou Balzo di Trifoglietto) jusqu'au Piano del Lago, ou plateau le plus élevé. Recupero soutient, dans son rap-

port, qu'en admettant même que toute la neige de l'Etna, dont l'épaisseur, affirme-t-il, ne dépasse jamais 1m20 (excepté dans les cavités, je présume), fût venue à se fondre d'un seul coup, cette fonte, qu'aucun courant de lave n'aurait pu accomplir, eut été incapable de fournir un volume d'eau aussi considérable. Ces idées le conduisent à la conclusion assez étonnante que l'eau, s'élevant de quelque réservoir dans l'intérieur de la montagne, a été vomie du cratère même du volcan (1).

Il me paraît fort invraisemblable que le chanoine Recupero, qui se trouvait sur les lieux trois mois après la catastrophe, ait pu se méprendre sur la région d'où venaient les eaux. Ses conclusions, à ce sujet, paraissent légitimement déduites de ce fait que l'on pouvait suivre sans discontinuité les ravages de l'inondation à partir de Riposto, sur les bords de la mer, jusqu'au cône le plus élevé, ou du moins jusqu'au voisinage immédiat de ce cône. Je suis donc porté à croire que, lors de l'éruption de 1755, il y avait au sommet de l'Etna, non-seulement la neige tombée pendant l'hiver de cette année, mais encore plusieurs couches plus anciennes de glace, alternant, au pied ou dans les flancs du cône, avec du sable volcanique et de la lave; et que cette neige et cette glace fondirent subitement, par l'effet des vapeurs brûlantes qui les traversèrent et de la matière en fusion qui pénétra dans leur sein.

Glacier couvert par une couche de lave. — Je constatai, en 1828 (2), l'exactitude du fait relatif à l'existence d'un glacier sous la lave, près de la Casa Inglese, sur le côté sud-est du cône le plus élevé; il avait été exploité, l'été précédent, pour fournir aux habitants de Catane un approvisionnement de glace que rendait nécessaire une saison plus chaude que d'ordinaire. A mon retour, trente ans après (septembre 1858), je retrouvai dans le même état solide cette

(1) Recupero, *Storia de ll'Etna*, p. 83.
(2) *Principes of Geology*, 1re édit., p. 369.

masse de glace, dont on ne connait ni l'étendue ni l'épaisseur. Il y avait cinq ans seulement qu'elle avait été exploitée au même endroit, jusqu'à la profondeur de 1^{m}20, et mon guide me dit avoir vu de ses yeux la masse de glace solide, dont on n'avait pu atteindre le fond, et qui était recouverte par trois mètres de sable, recouvert lui-même par de la lave.

Le signor Mario Gemmellaro s'était convaincu, en 1828, que la position du glacier ne pouvait être expliquée que par l'écoulement de la lave sur la neige; et il est probable qu'au commencement de l'éruption et avant la descente de la lave, une masse de neige transportée avait été couverte d'une pluie de sable volcanique. Une couche épaisse de cette poussière fine mêlée de scories est, comme on le sait, un très-mauvais conducteur de la chaleur; aussi les pâtres ont-ils coutume, dans les hautes régions de l'Etna, de faire des approvisionnements d'eau pour abreuver leurs troupeaux pendant l'été, en étendant une couche de sable volcanique de quelques millimètres d'épaisseur sur la neige, ce qui suffit pour empêcher la chaleur du soleil d'y pénétrer.

Si l'on admet que la masse de neige ait été garantie de la fusion jusqu'au moment où la partie inférieure de la lave fut solidifiée, on comprendra dès lors qu'un glacier ainsi protégé, à la hauteur de 3,000 mètres au-dessus du niveau de la mer, puisse subsister aussi longtemps que les neiges du Mont Blanc, à moins qu'il ne soit fondu par la chaleur volcanique provenant directement des régions souterraines. Lorsqu'au commencement de l'hiver (le 1er décembre 1828) je visitai, pour la première fois, le sommet du cône le plus élevé, je trouvai les crevasses, à l'intérieur, encroûtées d'une couche épaisse de glace; et, en quelques points, j'observai des vapeurs brûlantes qui se dégageaient entre des masses de glace et les parois rugueuses et escarpées du cratère. Il faut donc admettre, tout paradoxal que paraisse le phénomène, qu'une grande masse de glace a été préservée de la fusion, par l'ac-

cident singulier d'un courant de lave qui a coulé par-dessus.

S'il est donc vrai que des glaciers puissent subsister pendant une suite d'années sous du sable volcanique et de la lave, ce fait me semble expliquer suffisamment ce réservoir d'eau que Recupero supposait exister quelque part dans l'intérieur de la montagne. Je suis également disposé aujourd'hui à attacher plus d'importance que je ne le fis d'abord aux récits des montagnards, que Recupero crut dignes d'être rapportés. Ils lui racontèrent que l'eau était bouillante, aussi salée que celle de la mer, et qu'elle charria des coquilles marines jusqu'à la côte. Comme on le voit, l'hypothèse suggérée ci-dessus expliquerait naturellement pourquoi l'eau était bouillante, et comment elle a pu s'imprégner de matières salines exhalées par les fumerolles placées sur les flancs du cône, ou par les parois du cratère lui-même pendant l'éruption, — exhalaisons qui, sans avoir donné à cette eau la composition de l'eau de mer, peuvent lui avoir enlevé ses qualités d'eau douce. Quant à l'histoire des coquilles marines, si l'inondation, à sa sortie du Val del Bove, a coupé profondément à travers les laves superficielles ou l'alluvion comprises entre Milo et Giarre, elle a bien pu atteindre quelques-uns des lits sous-jacents d'argile appartenant au Nouveau Pliocène, à une hauteur de 300 ou 360 mètres au-dessus du niveau de la mer, et en entraîner des coquilles fossiles d'espèces vivantes, ayant assez de résistance pour être transportées entières aussi loin que Riposto.

Vallées anciennes de l'Etna. — Nous avons déjà vu que l'action volcanique se produit d'une manière intermittente, et que c'est là son caractère, lors même que les volcans sont en pleine phase d'éruption ; mais nous avons tout lieu de croire que la connaissance de leur histoire pendant des milliers d'années, nous révélerait l'existence de longues périodes durant lesquelles les feux souterrains sont restés assoupis, pour se réveiller ensuite avec plus d'énergie. D'après ce que rapporte Junghuhn sur les nombreux cônes de Java, ces volcans

sont sujets à des périodes prolongées d'inaction, pendant lesquelles les vallées, d'autant plus profondes qu'elles descendent davantage, auraient tous leurs côtés minés par la force de l'eau courante, jusqu'au moment où éclaterait enfin une violente éruption qui détruirait une partie du cône et donnerait naissance à un écoulement de laves intermittent. M. Dana, dans sa description des grands cônes des îles Sandwich, fait remarquer que la longueur comparative des périodes de repos, se rapportant à chacun de ces volcans, peut être facilement estimée d'après la profondeur et les dimensions des vallées qui sillonnent leurs flancs. Toutefois, le temps qu'a pu prendre une pareille dénudation a été souvent si considérable qu'il ne nous est pas permis, avec nos connaissances actuelles, de former aucune conjecture sur sa durée.

D'après ce que nous avons dit dans le dernier chapitre, le lecteur sait que, jusqu'à l'année 79 de notre ère, le Vésuve offrit tous les caractères d'un volcan éteint. La seule partie de l'ancien cône qui conserve encore la physionomie qui a dû caractériser la montagne entière, avant le réveil de son activité volcanique, c'est le flanc septentrional, très-rarement visité par les touristes, et que nous avons décrit comme étant intersecté d'un grand nombre de profonds ravins, rayonnant à partir d'un axe central vers tous les points de l'horizon. En gravissant plusieurs de ces ravins, nous avons vu qu'ils se terminent brusquement par des précipices perpendiculaires de 18 à 90 mètres de hauteur, d'où se déversent des cascades au moment de la saison des pluies (1). Au-dessus du sommet de ces précipices, des vallées peu profondes se continuent vers le haut jusqu'à la crête des parois qui limitent l'Atrio del Cavallo, et se prolongeaient jadis, sans aucun doute, jusque près du sommet de l'ancien cône de la Somma, avant l'année 79 où cette montagne fut tronquée.

(1) Voir vol. I, p. 830.

Je conçois de même que, longtemps avant l'ère historique, le Mont Etna ait été sillonné sur tous ses flancs par des vallées, pendant un long intervalle de repos relatif, ou peut-être une suspension totale d'éruptions.

Les énormes dépôts de matières alluviales, de plus de 30 mètres d'épaisseur, que l'on voit le long de la côte orientale du Val del Bove, entre Giarre et Mangano, et que l'on peut suivre parfois jusqu'à la hauteur de 120 mètres, attestent l'étendue de l'action érosive qui s'exerça, à une époque reculée, sur les pentes orientales de l'Etna.

Finalement, une ou plusieurs violentes explosions, auxquelles peut se rattacher l'origine du Val del Bove, ouvrirent une nouvelle période d'activité à laquelle est principalement due la formation des cônes latéraux. Les laves s'épanchant successivement sur les flancs septentrional, occidental et méridional, comblèrent toutes les anciennes vallées qui sillonnaient ces trois côtés, et auraient fait de même sur le versant oriental du cône, si elles n'avaient été arrêtées dans leur course par cette énorme cavité, le Val del Bove, qu'elles avaient déjà occupée en grande partie. Trois vallées ou ravins, qui ont échappé à l'oblitération, méritent une remarque particulière comme offrant avec la ligne marginale du Val del Bove des rapports identiques à ceux que les vallées situées au nord du Vésuve (celles de la Casa dell' Acqua et autres, décrites à la page 830, vol. 1), présentent avec l'Atrio del Cavallo. Ces trois vallées que l'on observe sur le flanc sud-est de l'Etna sont, le Valle del Tripodo, le Valle dei Zappini et le Valle di Calanna, dont on peut voir la position dans la carte, fig. 71, p. 13. La première de ces vallées, Valle del Tripodo, n'est presque jamais visitée par les voyageurs, quoique son accès par Zafarana ne présente aucune difficulté. Elle consiste en un ravin admirable, boisé comme ceux des Alpes et au fond duquel coule un torrent. Quand on arrive à l'extrémité supérieure de ce ravin, c'est-à-dire au col qui le sépare

du Val del Bove, on voit se dérouler devant soi le panorama vraiment splendide de ce vaste amphithéâtre aux traits grandioses que nous avons déjà décrit. Bien que le col ne soit pas à moins de 2,100 mètres au-dessus du niveau de la mer, il forme pourtant la partie la plus inférieure d'une profonde échancrure taillée dans l'escarpement méridional du Val del Bove ou du Serre del Solfizio (voir la carte, *fig.* 71). La profondeur de cette brèche doit être considérable, car, à travers son ouverture, un observateur placé sur le pont d'un navire se trouvant en mer à la hauteur d'Aci Castello, peut apercevoir le Val del Bove. Cette échancrure est la coupe d'un ravin, produit de la dénudation, qui se continuait jadis par la vallée del Tripodo, lorsque celle-ci, avant la formation du Val del Bove, sillonnait le flanc de l'ancien cône.

La seconde vallée, celle « dei Zappini », court parallèlement à la première, et, quoique moins grande qu'elle, présente les mêmes caractères géologiques. Les torrents qui parcourent l'une et l'autre de ces vallées s'engloutissent, à leur extrémité inférieure, dans les trous et dans les grottes résultant du grand courant de lave de 1792, qui, descendant d'une partie différente et supérieure de l'Etna, a croisé les canaux de ces torrents et obstrué les ravins dans lesquels coulent leurs eaux.

La troisième vallée, celle de Calanna, dont nous avons déjà parlé, est la plus intéressante parce qu'on y trouve, à son extrémité supérieure, le précipice déjà décrit, fig. 85 et 86, p. 44 et 45, et sur lequel les laves modernes de 1819 et 1852 se sont déversées sous forme de cascades. On ne saurait douter que ce précipice, le Salto della Giumenta, n'ait été l'emplacement d'une chute d'eau à l'époque pendant laquelle, antérieurement à l'origine du Val del Bove, une rivière descendait de l'ancien cône. L'espace compris entre les collines de Zoccolaro et de Calanna indique la place qu'occupait la vallée supérieure, pendant que le Salto était formé par la rivière qui

se creusait un chemin en arrière, à la manière du courant de la Cava Grande déjà décrit, p. 46, ou des torrents à marche rétrograde du Vésuve, ou bien enfin, pour comparer les petites choses aux grandes, comme le fait le fleuve du Niagara à l'endroit de ses chutes.

Si le Vésuve continue d'être aussi actif qu'il l'a été pendant les dix-huit derniers siècles, ses laves pourront un jour atteindre la crête de l'Atrio et se répandre en cascades sur les précipices situés à l'extrémité supérieure de la Casa dell Acqua et du Fosso di Cancharoni, de la même manière que les courants de l'Etna de 1819 et 1852 se sont épanchés, sous une forme semblable, des hauteurs du Salto della Giumenta.

Ancienneté du cône de l'Etna. — Nous avons déjà fait remarquer (vol. I, p. 116) que le peu de notions positives qu'on possède sur la durée des temps passés a contribué, plus qu'aucun autre préjugé, à retarder les progrès des saines théories en géologie, — l'inexactitude de nos idées sur l'ancienneté de la terre nous ayant arrêtés dans les spéculations qui avaient cette science pour objet, comme jadis la croyance à un firmament voûté retarda les progrès de l'astronomie. Ce ne fut que lorsque Descartes eut admis l'étendue indéfinie des espaces célestes, et reculé les bornes supposées de l'univers, que des opinions rationnelles touchant les distances relatives des corps célestes commencèrent à être adoptées; de même, ce ne sera qu'après que nous serons accoutumés à regarder chacune des périodes modernes de l'histoire de la terre comme comprenant un nombre infini de siècles, que nos idées, en géologie, cesseront d'être aussi erronées et aussi incomplètes.

Si l'histoire nous avait laissé un récit fidèle des éruptions de l'Etna et de cent autres des principaux volcans actifs du globe, survenues pendant les trente siècles derniers, — si nous connaissions le volume exact de la lave et des matières éjectées pendant cette période, ainsi que la durée des érup-

tions, — peut-être pourrions-nous apprécier plus sûrement le taux moyen de l'accroissement d'un cône volcanique. En effet, nous pourrions ainsi arriver à un résultat moyen d'après la comparaison des éruptions émanant d'un aussi grand nombre de bouches, quelque irrégulier que pût être le développement de l'action ignée dans quelques-unes d'entre elles, si on les considère séparément pendant une courte période.

Il serait nécessaire de comparer de longues périodes d'inaction avec les éruptions qui se sont manifestées accidentellement par suite de violents paroxysmes. Nous trouverions parfois des exemples de dix-sept siècles de repos, comme à Ischia, entre la fin du quatrième siècle avant J.-C. et le commencement du quatorzième siècle de notre ère (1). D'autres fois, nous verrions une effroyable éruption, comme celle du Jorullo, du Papandayang ou d'autres volcans que nous avons cités page 14, donner naissance à une nouvelle montagne, ou entraîner l'effondrement d'un ancien cône, ou déterminer enfin une énorme cavité latérale analogue à celle du Val del Bove ; tandis que la rareté comparative de pareilles catastrophes tend à exagérer l'idée que nous nous faisons de la longue durée des intervalles de repos qui séparent les époques aux violents paroxysmes.

Si l'on veut estimer approximativement l'âge de l'Etna, il faut d'abord recueillir des données sur l'épaisseur de la matière émise pendant la période historique, et tâcher ensuite d'évaluer le temps nécessaire à l'accumulation de lits alternants de sable et de scories, comme ceux dont on observe la superposition dans le Val del Bove ; et enfin, essayer de déduire d'observations faites sur d'autres volcans, l'accroissement plus ou moins rapide des montagnes brûlantes, dans toutes les diverses phases de leur formation.

(1) Voy. vol. I, p. 793

Quoiqu'il soit possible que quelques-unes des anciennes éruptions, dont on voit les produits dans les parois du Val del Bove, se soient manifestées sur une échelle aussi grande, ou même supérieure à celle des éruptions de notre temps, nous chercherions en vain la preuve qu'un de ces anciens courants a égalé en volume les laves de 1669 ou de 1852.

Le mode d'accroissement d'un cône volcanique offre une analogie remarquable avec celui des arbres dont la croissance est *exogène*. Ces derniers augmentent en hauteur et en diamètre par la superposition successive qui se fait à l'extérieur des cônes de matière ligneuse qui se produit incessamment ; de sorte que si l'on fait une section transversale près de la base du tronc, on coupe un bien plus grand nombre de couches qu'en la faisant plus près du sommet. Quand, parfois, des branches sortent du tronc, elles percent d'abord l'écorce; puis, si après avoir acquis une certaine grosseur, elles viennent à être brisées, elles peuvent alors se trouver enfermées dans le corps de l'arbre à mesure qu'il grandit, et former dans le bois des nœuds qui sont eux-mêmes composés de couches de matière ligneuse, disposées en cônes s'emboîtant les uns dans les autres.

De même, une montagne volcanique consiste, ainsi que nous l'avons vu, en une succession de masses coniques qui se recouvrent, tandis que les cônes latéraux, ayant une structure intérieure semblable, sont souvent projetés d'abord, comme les branches dont nous parlions tout à l'heure, à la surface du cône principal, puis se trouvant ensevelis sous de nouvelles matières, finissent par être cachés comme les nœuds de l'arbre que nous avons pris pour exemple.

On peut déterminer l'âge d'un chêne ou d'un pin en comptant le nombre d'anneaux concentriques de croissance annuelle qui se voient dans une section transversale faite près de la base, de sorte que l'on arrive ainsi à connaître l'époque à laquelle les premières pousses ont commencé à se

développer. Le Baobab du Sénégal (*Adansonia digitata*) passe pour surpasser en longévité presque tous les autres arbres. Adanson a calculé qu'un baobab qu'il mesura, et dont le diamètre était de 9 mètres environ, devait avoir 5,150 ans. Après y avoir fait une incision d'une certaine profondeur, il compta d'abord trois cents anneaux de croissance annuelle, et observa l'épaisseur que l'arbre avait acquise pendant la période nécessaire à cette formation. Le taux moyen de la croissance d'autres arbres de la même espèce, mais plus jeunes, fut ainsi établi et calculé d'après une moyenne admise d'accroissement. De Candolle, pense que le fameux Taxodium de Chapultepec, dans le Mexique (*Cupressus disticha*, *Linn.*), qui a 35 mètres de circonférence, est peut-être encore plus âgé.

Il est néanmoins impossible, jusqu'à ce qu'on ait recueilli un plus grand nombre de données sur l'intensité moyenne de l'action volcanique, de rien supposer, même approximativement, à l'égard de l'âge d'un cône tel que l'Etna, parce que, dans ce cas, les enveloppes successives de laves et de scories n'ayant pas une croissance simultanée autour de la montagne, comme les couches de bois autour d'un arbre, ne fournissent aucun moyen défini de mesurer le temps. Chaque enveloppe conique consiste en un grand nombre de coulées distinctes de lave et de pluies de sable et de scories, différant en largeur et en épaisseur, et qui sont aussi les résultats d'une action intermittente qui s'est montrée excessivement variable sous le rapport de l'intensité et de la fréquence des retours de sa mise en jeu. On ne peut manquer, toutefois, de faire remonter l'origine de cette montagne à la plus haute antiquité lorsque l'on considère que sa base a près de 144 kilomètres de circonférence, et que par conséquent il faudrait quatre-vingt-dix coulées de lave, ayant chacune 1,600 mètres de large à leur extrémité, pour exhausser la base actuelle d'un volcan d'une quantité égale à la hauteur moyenne d'un courant de lave.

L'injection des milliers de dykes que l'on observe dans la masse préalablement accumulée, est bien plus comparable, ainsi que l'a fait observer M. E. de Beaumont, à la croissance *endogène* d'un arbre, en ce qu'elle suppose non-seulement l'expansion de la montagne de dedans en dehors, mais peut-être encore son développement de bas en haut. Dans tous les cas, les observations qui ont été faites dans le cours de l'âge historique sont si imparfaites, qu'il n'est pas possible de décider si la montagne a gagné ou perdu, sous le rapport de l'altitude, à ces périodes où se sont formées et remplies de nouvelles fissures.

Parmi les quatre-vingts petits cônes les plus remarquables qui recouvrent les flancs de l'Etna, les Monti Rossi seuls ont été produits dans les temps authentiques de l'histoire. Cette colline, formée en 1669, ne prend rang que parmi les cônes de deuxième grandeur, bien qu'elle ait 135 mètres de hauteur. Le Monte Minardo, situé dans le voisinage de Bronte, s'élève, même aujourd'hui, à la hauteur de 225 mètres, quoique sa base primitive ait été exhaussée par des coulées de lave et des éjections volcaniques plus modernes. On ne doit pas perdre de vue que sur le petit nombre de courants de lave qui ont été émis dans l'espace d'un siècle, il n'y en a qu'un qui soit sorti du sommet de l'Etna, pour deux qui se produisent par ses flancs. Toutes les éruptions latérales ne donnent pas non plus naissance à des collines qui méritent de figurer même parmi les 200 petits cônes latéraux que nous avons cités, page 3, comme étant représentés dans la carte de Waltershausen. Quelques-unes ne donnent lieu qu'à des monticules insignifiants qui, bientôt, se trouvent recouverts par des pluies de cendres provenant des bouches plus élevées.

Quel nombre d'années ne devons-nous pas supposer avoir été nécessaire à la formation de tous ces petits cônes? Si nous pouvions retrancher de l'Etna tous les monticules qui

sont actuellement visibles, ainsi que les laves et les scories qui ont été émises par eux et par le cratère le plus élevé, pendant la durée de leur croissance, la diminution de la masse entière serait très-peu sensible. L'Etna perdrait, peut-être, plusieurs kilomètres de diamètre à sa base, mais l'aspect de la région boisée ne serait pas essentiellement changé, parce que d'autres petits cônes, aujourd'hui cachés, seraient en quelque sorte rendus à leur existence d'autrefois, par la disparition des laves et des matières éjectées dont ils sont maintenant recouverts. Quant à la hauteur que devait avoir la montagne, pendant les premières phases de la période des éruptions latérales, il se peut qu'avant l'écroulement du sommet du cône, elle fût plus considérable qu'elle ne l'est aujourd'hui, même en tenant compte d'un léger accroissement d'altitude qui serait dû au soulèvement graduel de la masse totale au-dessus du niveau de la mer, ainsi que le témoignent les rivages exhaussés sur la côte précédemment décrite.

Il serait complétement inutile de chercher à calculer le nombre de siècles qui ont pu s'écouler depuis la production des premières éruptions sous-marines; car des périodes de repos comme celles pendant lesquelles ont été creusées les anciennes vallées, peuvent être intervenues avec une durée de plusieurs dizaines de milliers d'années, et avoir été suivies ensuite d'explosions paroxysmales, analogues à celle qui a probablement déterminé l'origine du Val del Bove.

Il est évident qu'il n'y a pas eu de déluge général dans la zone boisée depuis la formation des cônes latéraux, car si quelques-uns de ces amas de scories incohérentes eussent résisté à la force d'une violente inondation, ils montreraient tous des traces de son action dénudante. Quelques géologues pensent, peut-être, que des collines formées de matériaux aussi incohérents ne sauraient être très-anciennes, parce que l'action seule de l'atmosphère aurait suffi, dans l'espace de

plusieurs milliers d'années, pour détruire leurs formes primitives. Mais cette objection n'est point fondée, car, si les flancs escarpés des Monti Rossi se montrent encore nus et composés en grande partie de scories légères et de sables volcaniques après avoir été soumis, de mémoire de personnes actuellement vivantes, aux influences de la pluie et du vent, les collines les plus anciennes couvertes d'arbres et d'herbages ont été aussi garanties de toute espèce de dégradation. D'ailleurs, abstraction faite de l'épaisse végétation qui existe sur ces collines, la porosité des matériaux dont elles se composent est telle que presque toute la pluie qui y tombe se trouve absorbée à l'instant; et, par la même raison que les eaux de l'Etna ont un cours souterrain, aucun petit ruisseau n'arrose les flancs des petits cônes.

En résumé, je ferai observer au lecteur que, pour si considérable que puisse être le laps de siècles que nous jugions nécessaire à la formation d'une montagne comme l'Etna, il a fallu un temps assez long pour qu'elle passât à travers toutes les phases de son développement. A la période du Nouveau Pliocène, les fondations du volcan se trouvaient dans la mer — dans cette mer où prospéraient les coquilles d'Aci Castello et de Trezza; et nous avons vu page 7 que les événements de la Période Glaciaire, quoique occupant peut-être plusieurs centaines de milliers d'années, ne remontent pas à une époque où l'ensemble des testacés marins montre avec les coquilles d'Aci Castello et de Trezza, une différence aussi grande que celle qu'offrent ces dernières avec la faune qui caractérise de nos jours les parties voisines de la Méditerranée.

CHAPITRE XXVII.

ÉRUPTIONS VOLCANIQUES (*suite*).

Éruptions volcaniques en Islande (1783). — Apparition d'une île nouvelle. — Courants de lave émis par le Skaptar Jokul dans la même année. — Volume immense de ces courants. — Éruption du Jorullo, dans le Mexique. — Théorie de Humboldt sur la convexité de la plaine de Malpais. — Éruption du Galongoon, à Java. — Volcans sous-marins. — Formation de l'île Graham en 1831. — Archipels volcaniques. — Éruptions sous-marines dans le milieu de l'Atlantique. — Les Canaries. — Cônes d'éruption produits dans l'île de Lancerote, de 1730 à 1736. — Santorin et ses éruptions volcaniques. — Ile de Barren, dans la Baie de Bengale. — Volcans de boue. — Composition minérale des produits volcaniques.

Éruptions volcaniques en Islande. — A l'exception de l'Etna et du Vésuve, les documents chronologiques les plus complets que l'on possède relativement à une série d'éruptions, sont ceux qui se rapportent à l'Islande; car non-seulement l'histoire des événements volcaniques de cette contrée remonte au neuvième siècle de notre ère, mais on a la preuve manifeste que depuis le commencement du douzième siècle, jamais un intervalle de plus de quarante années, et même très-rarement de vingt, ne s'est passé sans qu'une éruption ou un tremblement de terre violent ait eu lieu. L'énergie de l'action volcanique est si intense dans cette région, que plusieurs éruptions de l'Hécla ont duré six ans sans discontinuer. Des tremblements de terre ont souvent ébranlé l'île entière, et y ont occasionné de grands changements à l'intérieur, tels que l'abaissement de collines, le déchirement de montagnes, le déplacement du cours de certaines rivières et l'apparition de lacs nouveaux (1). Souvent aussi des îles nouvelles sont sorties de la mer, dans le voisinage de la côte: quelques-unes existent encore, mais d'autres ont disparu, soit par affaissement, soit par suite de l'action des vagues.

(1) Von Hoff, vol. II, p. 393.

Dans les intervalles qui séparent les éruptions, une multitude de sources chaudes donnent issue à la chaleur souterraine, et des solfatares livrent passage à d'abondantes coulées de matière inflammable. En différents points de cette île, les volcans, comme ceux des Champs Phlégréens, sont à tour de rôle en activité, une ouverture servant souvent, pendant un certain temps, de soupape de sûreté pour tous les autres volcans. Il arrive fréquemment que plusieurs cônes se produisent dans le cours d'une seule éruption ; dans ce cas, ils prennent une direction linéaire, s'étendant généralement du nord-est au sud-ouest, depuis la partie nord-est de l'île, où se trouve le volcan Krabla, jusqu'au cap Reykianas.

Grande éruption du Skaptar Jokul, en 1783. — Apparition d'une île nouvelle. — Les convulsions qui se firent sentir en l'année 1783 paraissent avoir été plus terribles qu'aucune de celles dont les annales modernes de l'Islande font mention. Le récit très-circonstancié de cette catastrophe, écrit originairement en danois, a, depuis, été confirmé par les témoignages de plusieurs voyageurs Anglais, particulièrement à l'égard de l'étendue prodigieuse de pays qui a été dévastée par ces éruptions, et de l'énorme volume de lave qu'elles produisirent (1). Un mois environ avant que l'éruption du Skaptar Jokul, dont nous allons parler, se manifestât sur la terre ferme, un volcan sous-marin fit explosion en un endroit de la mer, situé à 48 kilomètres sud-ouest du cap Reykianas, par 63°25 de latitude nord, et 23°44 de longitude occidentale. Il vomit une si grande quantité de

(1) Le premier récit de l'éruption est dû à Stephenson, alors premier juge en Islande, qui fut chargé, par le roi de Danemark, d'estimer le dommage qu'elle avait occasionné dans le pays, afin de pouvoir indemniser ceux qui en avaient souffert. Un manuscrit de M. Paulson, qui visita les lieux en 1794, et examina la lave avec attention, mit Henderson à même de corriger quelques-unes des mesures données par Stephenson, relativement à l'épaisseur, à la largeur et à la longueur des courants de lave. (*Journal of a Residence in Iceland*, etc., p. 229. Quelques-uns des faits principaux ont été aussi confirmés par sir William Hooker dans son *Tour in Iceland*, vol. II, p. 128.

ponces, que la mer en fut couverte jusqu'à la distance de 240 kilomètres, et que cette circonstance occasionna un retard considérable dans la marche des vaisseaux. Une nouvelle île sortit du sein des eaux, et il s'en échappait, en différents points, du feu, de la fumée et des ponces. Elle fut réclamée par le roi de Danemark, qui la nomma Nyoë, ou l'Ile Nouvelle; mais avant qu'une année entière fût écoulée, la mer reprit son ancien domaine, et il ne resta de Nyoë qu'un récif de rochers, se trouvant de cinq à trente brasses au-dessous de la surface des eaux.

Les tremblements de terre qui, depuis longtemps, se faisaient ressentir en Islande, devinrent très-violents vers le 11 juin 1783, époque à laquelle le Skaptar Jokul, situé à près de 320 kilomètres de Nyoë, vomit un torrent de lave qui se précipita dans la Skaptà, et la mit complétement à sec. Le lit de cette rivière était encaissé entre des rochers très-élevés, et avait, en plusieurs endroits, de 120 à 180 mètres de profondeur, et près de 60 mètres de large. Non-seulement la lave remplit ce grand défilé jusqu'au bord, mais se déversa encore sur les champs voisins qu'elle recouvrit jusqu'à une distance considérable. Le flot brûlant, en sortant de cette gorge resserrée, fut arrêté pendant quelque temps par un lac profond qui se trouvait autrefois sur le cours de la rivière, entre Skaptardal et Aa, et le combla entièrement. Puis, continuant sa marche, il atteignit d'anciennes laves à cavernes souterraines, probablement remplies d'eau pour la plupart, dans lesquelles il pénétra; là il fondit partiellement la lave, en quelques points, et fit sauter le roc, dont plusieurs gros fragments furent projetés jusqu'à une hauteur de plus de 45 mètres. Le 18 juin, un autre jet de lave liquide s'élança du volcan, et se répandit avec une vitesse extraordinaire sur la surface du premier courant. Par suite du barrage qu'il occasionna aux embouchures de quelques-uns des affluents de la Skaptâ, plusieurs villages furent complétement

inondés par les eaux, ce qui donna lieu à la ruine d'un grand nombre de propriétés. La lave, après avoir coulé pendant plusieurs jours se précipita au fond d'une effroyable cataracte connue sous le nom de Stapafoss, où elle remplit un abime profond que cette énorme chute d'eau avait mis des siècles à creuser ; après quoi, le courant igné reprit son cours.

Le 3 août, d'autres torrents de lave s'étant encore échappés du volcan, une nouvelle branche suivit une direction différente ; car le lit de la Skaptà se trouvait tellement engorgé, ainsi que toutes les ouvertures situées à l'ouest et au nord, que la matière en fusion fut forcée de prendre une autre route. Elle se dirigea vers le sud-est, et se déchargea dans le lit de la rivière Hverfisfliot, où se produisit une scène de destruction presque aussi désolante que la première. Stephenson a constaté que, de même que les anciens courants que l'on rencontre en Auvergne et dans plusieurs autres provinces de la France Centrale, ces laves d'Islande s'accumulèrent jusqu'à une hauteur prodigieuse dans d'étroites gorges de rochers ; mais quand elles arrivaient dans de larges plaines alluviales, elles s'y étendaient en formant de grands lacs brûlants, qui avaient quelquefois de 20 à 24 kilomètres de largeur, sur 30 mètres de profondeur. Lorsque de nouvelles matières se furent ajoutées au « lac de feu » qui remplissait la partie inférieure de la vallée de la Skaptà, la lave remonta le cours de la rivière jusqu'au pied des collines où la Skaptà prend sa source. Cet exemple est tout à fait analogue à ce qui se passa, fort anciennement, dans la région volcanique du Vivarais, où la lave étant sortie du cône de Thueys, une de ses branches suivit un mouvement descendant, tandis qu'une autre, plus considérable, remonta le cours de l'Ardèche.

Les flancs de la vallée de la Skaptà présentent de superbes rangées de colonnes basaltiques de laves anciennes, ressem-

blant à celles que l'on voit à découvert dans les vallées qui descendent du Mont Dore, en Auvergne, où des courants de lave plus modernes, et d'une étendue bien moins considérable que ceux d'Islande, ont également envahi les lits des rivières alors existantes. L'éruption du Skaptar Jokul ne cessa entièrement qu'au bout de deux années, et, lorsqu'en 1794, onze ans après, M. Paulson visita les lieux où elle s'était manifestée, des colonnes de fumée (ou de vapeur) s'élevaient encore de certaines parties de la lave, et plusieurs fissures étaient remplies d'eau chaude (1).

Quoique la population de l'Islande fut extrêmement disséminée, et qu'elle n'excédât pas 50,000 individus, 20 villages au moins furent détruits, sans compter ceux qui se trouvèrent inondés par les eaux. Plus de 9,000 personnes périrent, ainsi qu'une immense quantité de bétail, tant par suite des ravages exercés par la lave, et des miasmes pernicieux dont l'air était imprégné, que par suite de la famine résultant des pluies de cendres qui tombèrent sur tous les points de l'ile, et de la désertion du poisson qui abandonna les côtes.

Volume immense de la lave. — La quantité extraordinaire de matière fondue qui fut émise pendant cette éruption mérite une attention particulière de la part du géologue. Des deux courants qui coulèrent dans des directions opposées, le plus grand avait 80 kilomètres de longueur, et le plus petit en avait 72. La largeur maximum qu'atteignit la branche de la Skaptá dans les basses terres, était de 20 à 24 kilomètres, celle de l'autre ne dépassa pas 11,200 mètres. La hauteur ordinaire de ces deux courants était de 30 mètres, mais, dans des défilés étroits, elle allait quelquefois jusqu'à 180 mètres. Le professeur Bischoff a calculé que la masse de lave qui jaillit des régions souterraines pendant cette seule éruption « surpassa en volume celle du Mont Blanc (2). » Mais, on se

(1) *Henderson's Journal*, etc., p. 228.
(2) *Jameson's Phil. Journ.*, vol. XXVI, p. 291

fera une idée plus exacte des dimensions des deux courants, si l'on se figure quel trait frappant ils formeraient aujourd'hui dans la géologie de l'Angleterre, s'ils avaient été répandus sur le fond de la mer, après le dépôt de nos roches secondaires et tertiaires, et avant leur élévation au-dessus des eaux. Les mêmes causes qui ont creusé des vallées à travers certaines parties de nos strates marines, jadis continues, pourraient avoir agi avec une force égale sur les roches ignées, tout en laissant intacte une portion suffisante de ces roches, pour nous permettre de juger de leur étendue primitive. Imaginons donc que l'extrémité du courant de lave de la Skaptá repose sur l'escarpement de l'oolite inférieure et moyenne, au point où cet escarpement commande la vallée de Glocester. Le grand plateau pourrait avoir 30 mètres d'épaisseur et de 16 à 24 kilomètres de largeur, ce qui excéderait les dimensions de tous ceux que l'on peut trouver dans la France Centrale. Supposons aussi que de grandes masses tabulaires se rencontrent de distance en distance, couronnant le sommet des collines de Cotswold entre Glocester et Oxford, et passant par Northleach, Burford, et diverses autres villes. La grande vallée de l'argile d'Oxford occasionnerait alors une interruption de plusieurs kilomètres ; mais, les mêmes roches pourraient se retrouver sur le sommet des collines de Cumnor et de Shotover, ainsi que sur toutes les autres éminences oolitiques de ce district. De vastes plateaux, de 10 à 11 kilomètres d'étendue, se montreraient encore sur la craie du Berkshire ; et enfin, au-dessus des sables élevés de Highgate et de Hampstead, on apercevrait quelques restes du courant de 150 à 180 mètres d'épaisseur, à l'aide desquels ces collines pourraient égaler ou même surpasser en hauteur, Salisbury Craigs et Arthur's Seat.

La distance entre les points extrêmes ici indiqués n'excéderait pas 144 kilomètres en ligne droite, et nous pourrions ajouter à la distance d'environ 320 kilomètres de Londres,

le long des côtes du Dorsetshire et du Devonshire, par exemple, une grande masse de roches ignées, pour représenter le récif sous-marin de l'île de Nyoë. Un auteur Français éminent déclarait, en 1829, qu'aux époques reculées *tous* les phénomènes géologiques se passaient dans des dimensions *centuples* de celles qu'ils présentent aujourd'hui, mais qu'il serait très-difficile d'indiquer une masse de roche ignée, d'origine ancienne, et qu'on puisse vraiment rapporter à une seule éruption, dont le volume fût à comparer à la quantité de matière rejetée par le Skaptar Jokul en 1783.

Éruption du Jorullo en 1759. — Je citerai comme un autre exemple de la puissance étonnante avec laquelle se manifestent de nos jours les éruptions volcaniques, celle du Jorullo, dans le Mexique, qui eut lieu en 1759. La grande région à laquelle cette montagne appartient a déjà été décrite. La plaine de Malpais fait partie d'un plateau élevé de 600 à 900 mètres au-dessus du niveau de la mer, et est bornée par des collines de basalte, de trachyte, et de tuf volcanique, qui indiquent clairement que cette contrée a été, quoique probablement à une époque ancienne, le théâtre de phénomènes ignés. Depuis la découverte du Nouveau-Monde jusqu'au milieu du siècle dernier, le district n'avait éprouvé aucun bouleversement, et l'emplacement actuel du volcan, qui se trouve à 36 lieues de la mer la plus voisine, était occupé par des champs fertiles de cannes à sucre et d'indigotiers, qu'arrosaient les deux ruisseaux de Cuitimba et de San Pedro. Au mois de juin 1759, des bruits sourds, d'une nature alarmante, se firent entendre, et des tremblements de terre se succédèrent pendant deux mois, jusqu'à ce que, vers la fin de septembre, des flammes sortirent de terre, et des fragments de roches incandescentes furent lancés à des hauteurs prodigieuses. Six cônes volcaniques, composés de scories et de fragments de lave, se formèrent le long d'une cavité qui

se dirigeait du nord-nord-est au sud-sud-ouest. Le plus petit de ces cônes avait 90 mètres de hauteur ; et le Jorullo, qui était le volcan central, s'élevait de 490 mètres au-dessus du niveau de la plaine. Il en sortit de grands courants de lave basaltique, renfermant des fragments de roches granitiques, et ces émissions ne cessèrent qu'au mois de février 1760 (1).

Humboldt visita le pays plus de quarante années après cet événement, et apprit des Indiens, que, lorsqu'ils retournèrent à la plaine, longtemps après la catastrophe, elle était encore inhabitable à cause de la chaleur excessive du sol. Ayant été lui-même observer les lieux, il vit, autour de la base des cônes, une masse de matière de forme convexe, qui s'en dégageait comme d'un centre, et s'étendait sur un espace de 11 kilomètres carrés. Cette masse avait environ 165 mètres de hauteur à sa jonction avec les cônes, et s'inclinait graduellement, en tous sens, vers la plaine; elle conservait encore une certaine chaleur, et bien que, dans les fissures, la température eût diminué d'année en année, en 1870 elle était encore suffisante pour allumer un cigare à la profondeur de quelques centimètres. Sur cette protubérance légèrement convexe, dont l'inclinaison doit former avec l'horizon un angle d'environ 6°, on voyait des milliers de monticules en forme de cônes aplatis, de 2 à 3 mètres de haut, et qui,

Fig. 89.



a — Sommet du Jorullo. — b, c, Plan incliné dont la pente est de 6° à partir de la base des cônes.

de même que les grandes fissures dont la plaine était

(1) *Daubeny*, on volcanos, p. 347.

sillonnée, se comportaient comme les fumerolles, laissant échapper des nuages d'acide sulfurique et de vapeur d'eau brûlante. Les deux petites rivières dont nous avons parlé tout à l'heure, disparurent pendant l'éruption, se perdant à l'extrémité orientale de la plaine, et reparaissant ensuite, à l'état de sources chaudes, vers sa limite occidentale.

Cause de la convexité de la plaine de Malpais. — Humboldt a attribué la convexité de cette plaine à une sorte de boursouflement; il suppose que le sol, sur une étendue de 11 kilomètres carrés, a été soulevé sous forme d'une énorme ampoule, jusqu'à la hauteur de 165 mètres au-dessus du point le plus élevé de la plaine. Mais M. Scrope a fait observer que le phénomène pouvait être expliqué bien plus naturellement, si l'on admet que les laves en coulant simultanément des divers orifices, et du Jorullo principalement, se sont réunies de manière à former une sorte d'étang ou de lac. Comme elles se répandaient sur une surface primitivement plate, il est à croire que si leur liquidité n'était point très-grande, elles avaient plus d'épaisseur et de profondeur près de leur source, et qu'à partir de là, leur volume diminuait graduellement à mesure qu'elles approchaient des limites de l'espace qu'elles recouvrent. Il est probable aussi que d'autres émissions eurent lieu successivement dans le cours d'une éruption qui dura plus de six mois, et qu'une partie de la nouvelle lave, reposant sur l'ancienne, ne put s'étendre qu'à très-peu de distance du pied du cône, où elle dut nécessairement s'accumuler jusqu'à une grande hauteur. La pente moyenne des volcans en forme de dômes des îles Sandwich, et qui se composent exclusivement de lave, avec très-peu de scories, varie entre 6° 30′ et 7° 46′, de sorte que l'inclinaison de la masse convexe autour du Jorullo serait, si l'on adopte l'explication de M. Scrope (Voy. *fig.* 89), tout à fait en rapport avec les lois connues qui gouvernent l'écoulement de la lave.

Quant aux pluies de matières meubles et pulvérulentes rejetées par les six cratères, et notamment par le Jorullo, il y a également lieu de présumer que les particules en étaient plus lourdes et plus volumineuses près des cônes, et qu'elles devaient élever le sol à la base de ces derniers, où, se mêlant avec l'eau de pluie, elles ont donné naissance à la couche d'argile noire qui est décrite comme recouvrant la lave. Les petites élévations coniques appelées « hornitos » ou petits fours, ressemblaient aux cinq ou six petites éminences qui existaient en 1823 sur la lave du Vésuve, et projetaient des colonnes de vapeur, produites par le dégagement des fluides élastiques qui avaient soulevé de petites masses de lave en forme de dômes. Les fissures que de Humboldt signale comme étant très-nombreuses, sont tout à fait analogues à celles qui se produiraient naturellement pendant la solidification d'une couche épaisse de lave, se contractant par l'effet du refroidissement. D'un autre côté, la disparition des rivières est le résultat ordinaire de l'occupation, par la lave, de la partie inférieure d'une vallée ou d'une plaine, — phénomène dont les anciens courants volcaniques de l'Auvergne offrent de très-beaux exemples. On a constaté que la chaleur des hornitos avait diminué depuis l'époque de leur origine; et M. Bullock qui visita la contrée plusieurs années après de Humboldt, trouva la température de la source chaude extrêmement basse, ce qui semble indiquer évidemment le refroidissement graduel d'une couche sous-jacente de lave qui, par suite de son épaisseur considérable, peut avoir conservé sa chaleur pendant un demi-siècle. Nous rappellerons au lecteur qu'en supposant ainsi que la lave voisine du volcan et les cendres rejetées avaient plus de 150 mètres de puissance, nous indiquons simplement l'épaisseur que le courant du Skaptar Jokul atteignit sur plusieurs points en 1783.

Sonorité du sol de la plaine. — On cite comme un autre

argument à l'appui de la théorie du boursouflement produit par une force souterraine, le son creux que rend le sol de la plaine sous les pas d'un cheval, quoique ce fait ne prouve rien autre chose, si ce n'est que les matériaux dont la masse convexe est formée sont légers et poreux. Le son appelé « rinbombo » par les Italiens se produit souvent sur un *terrain rapporté* lorsqu'on le frappe vivement, il n'a point été observé seulement sur les flancs du Vésuve et de divers autres cônes volcaniques sous lesquels se trouve une cavité, mais aussi dans certaines régions, telles que la Campagne de Rome, qui est composée en grande partie de tuf et de roches volcaniques poreuses. La répercussion, toutefois, peut être augmentée par la présence de grottes et de cavernes, car ces sortes de cavités sont peut-être aussi nombreuses dans les laves du Jorullo que dans celles de l'Etna, mais leur existence ne prêterait aucun appui à l'hypothèse d'une grande cavité voûtée de 11 kilomètres carrés d'étendue et de 165 mètres de hauteur à son centre (1).

Aucune éruption récente n'a eu lieu au Jorullo. — Dans une des premières éditions de cet ouvrage j'ai rapporté, d'après des renseignements qui m'avaient été communiqués par le Capitaine Vetch, qu'en 1869 une tour fut renversée à Guadalaxara par un tremblement de terre, et que des cendres dont on attribuait la provenance au Jorullo, tombèrent en même temps à Guanaxuato, ville située à 224 kilomètres du volcan. Mais, un directeur des mines Allemand, M. Burkart, qui visita le Jorullo en 1827, a constaté que ce volcan n'avait point fait éruption depuis le voyage de Humboldt en 1803. Il descendit au fond du cratère, et observa un léger dégagement de vapeurs d'acide sulfureux, mais les hornitos avaient entièrement cessé de rejeter de la vapeur d'eau. Pendant les vingt-quatre années qui s'étaient écoulées entre

(1) Voy. *Scrope*, on volcanos, p. 267.

son voyage et celui de Humboldt, la végétation avait fait un immense progrès sur les flancs des nouvelles collines; le sol fertile de la contrée environnante avait vu doubler ses riches récoltes de cannes à sucre et d'indigo, et toutes les parties non cultivées étaient revêtues d'un taillis épais qui avait poussé naturellement (1).

Galongoon, Java — 1822. — La montagne de Galongoon (ou Galung Gung) était couverte en 1822 d'une épaisse forêt, et située dans une région très-populeuse et très-fertile de Java. A son sommet, se trouvait une cavité circulaire, mais aucune tradition ne rapporte qu'elle eût jamais été le théâtre d'aucune éruption. En juillet 1822, les eaux de la rivière Kunir, une de celles qui sortaient des flancs de cette montagne, devinrent un moment chaudes et troubles. Le 8 octobre suivant, une détonation violente se fit entendre, la terre trembla, et d'immenses colonnes d'eau chaude et de boue en ébullition, mêlées de soufre brûlant, de cendres et de lapilli aussi gros que des noix, furent lancées de la montagne comme un jet d'eau, et avec une force tellement prodigieuse qu'une grande quantité de ces matières alla tomber au delà de la rivière Tandoi qui est à 64 kilomètres de distance. Toutes les vallées situées dans le rayon de cette éruption furent remplies d'un torrent brûlant; les rivières, grossies par des masses d'eau chaudes et de boue, sortirent de leur lits, et entraînèrent un grand nombre de personnes qui essayaient de fuir, ainsi que du bétail, des animaux sauvages et des oiseaux. Un espace de 38,400 mètres entre la montagne et la rivière Tandoi fut couvert d'une boue bleuâtre, sur une hauteur telle, que les habitants se trouvèrent enterrés dans leurs demeures, et qu'il ne resta nulle trace apparente des plantations et des villages nombreux qui existaient sur cette étendue. Les corps des individus qui périrent dans cet espace, ayant été ense

(1) Leonhard et Brown, *Neues Jahrbruch*, 1835, p. 36

franchir la distance qui séparait cette dernière ville du volcan, trouva que la quantité de cendres diminuait à mesure qu'on approchait de la montagne ; il mentionne l'altération que sa forme présentait à la suite de l'éruption du 12 octobre, mais ne décrit pas le gouffre à demi-circulaire qui s'ouvrit sur un de ses côtés.

Suivant les récits officiels, 114 villages furent détruits et le nombre des victimes s'éleva à plus de 4,000 (1).

Volcans sous-marins. — Bien qu'on ait toute raison de croire que des éruptions volcaniques aussi bien que des tremblements de terre se manifestent fréquemment dans le fond de la mer, on ne pouvait guère s'attendre à ce que des observateurs scientifiques pussent trouver souvent l'occasion d'être témoins de ces phénomènes. Des équipages de navires ont quelquefois raconté qu'ils avaient vu en différents points une fumée sulfureuse, des flammes, des jets d'eau et de vapeur s'élancer de la mer, ou qu'ils avaient observé les eaux presque entièrement décolorées, et dans un état d'agitation comparable à celui qui résulte de l'ébullition. Il est arrivé aussi de rencontrer des hauts-fonds nouveaux, ou un récif de rochers émergeant au-dessus de la surface, en des points où l'on avait toujours supposé que l'eau avait une grande profondeur ; enfin, la formation graduelle d'une île nouvelle a, quelquefois, été observée à la suite d'une éruption volcanique sous-marine. L'île de Sabrina, qui s'est produite en 1811, à la hauteur de Saint Michel, dans les Açores, a offert un exemple remarquable en ce genre. L'émission de cendres qui eut lieu, dans cette circonstance, et la formation d'un cône d'environ 90 mètres de hauteur, avec un cratère dans le centre, offraient la plus grande analogie avec les phénomènes qui, d'ordinaire, accompagnent les éruptions volcaniques sur la terre ferme ;

(1) Van der Boon Mesch, *de Incendiis Montium Javæ*, etc., *Lug. Bat.*, 1826 ; et *Official Report of the President*, baron Van der Capellen ; — Voir aussi l'ouvrage de M. de Buch, sur les Iles Canaries, p. 424.

mais Sabrina fut bientôt balayée par les vagues. On cite plusieurs éruptions antérieures qui eurent lieu dans la même partie de la mer en 1691 et en 1720; et, indépendamment de l'apparition déjà mentionnée de l'île de Nyoë, — petite île qui surgit en 1783 en vue de la côte d'Islande, — une autre île volcanique fut produite par une éruption, en juin 1830, près de Reikiavig, sur la même côte (1).

Ile Graham (2). — 1831. — Nous avons des renseignements encore plus récents et plus circonstanciés sur l'apparition d'une île volcanique nouvelle qui eut lieu en 1831 dans la Méditerranée, entre la côte sud-ouest de la Sicile, et cette partie avancée de la côte d'Afrique où était située l'ancienne Carthage. La position de l'île ne correspondait nullement avec celle du grand haut-fond, ou banc désigné sous le nom de « Nérita », comme on l'a prétendu d'abord, mais elle occupait un point où le Capitaine W. H. Smyth avait trouvé plus de cent brasses d'eau, lors de la reconnaissance qu'il avait exécutée quelques années auparavant dans ces parages (3).

L'île, située par 37°1'30" de latitude nord et par 12°42'15" de longitude orientale, était à peu près à 48 kilomètres au sud-ouest de Sciacca, en Sicile, et à 53 kilomètres au nord-est de Pantellaria (4). Le 28 juin, quinze jours environ avant que l'éruption fût visible, Sir Pulteney Malcolm, en naviguant sur ce point, ressentit des secousses de tremblement de terre, comme si son vaisseau eût touché un banc de sable; et les mêmes chocs se produisirent sur la côte occidentale de la

(1) *Journal de Géologie*, t. I.

(2) Dans une des premières éditions, j'avais choisi, sur les sept noms proposés pour cette île, celui de Sciacca ; mais la Société Royale et la Société de Géologie ont adopté celui de Graham, que lui donna le Capitaine Senhouse, de la marine royale, qui y aborda le premier. Les sept autres noms sont : Nerita, Ferdinanda, Hotham, Graham, Corrao, Sciacca et Julia. L'île n'étant restée visible que pendant trois mois environ, cette multiplicité de noms offre en ce genre une profusion, peut-être sans exemple, même dans les *Annales de la Zoologie et de la Botanique*.

(3) *Phil. Trans*, 1832, p. 255.

(4) *Journ. of Roy. Geograph. Soc.*, 1830-1831.

Sicile, dans une direction allant du sud-ouest au nord-est. John Corrao, Capitaine d'un vaisseau Sicilien, rapporte que,

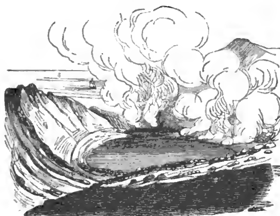
Fig. 90.



Forme des rochers de l'île Graham, vus du S.-S.-E. à 1,600 mètres de distance, le 7 août 1831 (1).

vers le 10 juillet, passant près du même endroit, il vit une

Fig. 91.



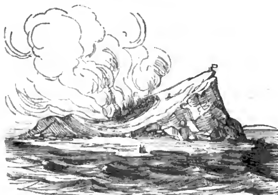
Vue de l'intérieur de l'île Graham, 29 septembre 1831.

colonne d'eau de 18 mètres de hauteur et de 800 mètres de circonférence, s'élancer de la mer. Cette colonne fut bientôt remplacée par une vapeur épaisse qui s'éleva jusqu'à la hau-

(1) *Phil. Trans. part.* II. Cette figure a été réduite d'après les dessins du Capitaine Wodehouse, de la marine royale.

teur de 550 mètres. Le 18 juillet, à son retour de Girgenti, le même navigateur trouva une petite île de 3m70 de haut,

Fig. 92.



Ile Graham, le 29 septembre 1831 (1).

avec un cratère à son centre, d'où sortaient des matières volcaniques et d'énormes colonnes de vapeur; la mer, autour de cette île, était couverte de scories et de poissons morts. Les scories étaient d'une couleur chocolat, et l'eau qui bouillonnait dans le bassin circulaire avait une teinte rougeâtre. L'éruption continua avec une grande violence jusqu'à la fin de juillet, époque à laquelle l'île fut visitée par plusieurs personnes, entre autres par le Capitaine Swinburne, de la marine royale, et par M. Hoffmann, géologue Prussien. Elle avait alors de 15 à 27 mètres de haut, et 1,200 mètres de circonférence. Suivant quelques récits, le 4 août, son élévation était de plus de 60 mètres, et elle avait 4,800 mètres de tour; mais, passé cette époque, elle commença à diminuer de grandeur par

(1) Dans la figure ci-jointe (*fig.* 92) dessinée par M. Joinville, qui accompagna M. Constant Prévost, les lits semblent plonger vers le centre du cratère; mais j'ai appris de M. Prévost que l'artiste n'avait pas eu l'intention de représenter par ces lignes l'inclinaison des lits.

suite de l'action des vagues. Le 25 août, elle n'avait plus que 3,200 mètres de circonférence, et, lorsque le 3 septembre, elle fut examinée avec le plus grand soin par le Capitaine Wodehouse, son circuit se trouvait réduit à 1,100 mètres. Sa plus grande hauteur était alors de 33m10, et le cratère avait environ 235 mètres de tour. Lorsque l'île fut visitée, le 29 septembre, par M. Constant Prévost, sa circonférence n'était plus que d'environ 700 mètres. Elle était entièrement composée de matières volcaniques incohérentes, de scories, de ponces et de lapilli, formant des strates régulières, dont quelques-unes sont décrites comme ayant été parallèles à la pente escarpée de l'intérieur du cratère, tandis que les autres étaient inclinées vers l'extérieur, comme celles du Vésuve (1). Lorsque l'arrangement des matériaux éjectés a été déterminé par leur chute continuelle sur deux pentes escarpées — celle du cône extérieur et celle du cratère qui est toujours un cône creux renversé — il est probable que la coupe transversale qu'on pratiquerait dans ces couches serait semblable à celle que représente la fig. 93. Mais lorsque je visitai le Vésuve,

Fig. 93.



en 1828, je ne vis point de lits de scories inclinés vers l'axe du cône (voy. fig. 67, vol. I, p. 826). Peut-être y en eut-il jadis; mais les explosions, les affaissements ou les causes quelconques qui donnèrent naissance au grand cratère de 1822, peuvent les avoir détruits.

Un très-petit nombre des pierres rejetées de l'ouverture volcanique de l'île Graham excédaient 0m30 de diamètre.

(1) Voy. le mémoire de M. C. Prevost, *Ann. des Sciences Naturelles*, t. XXIV.

Quelques fragments de calcaire dolomitique s'y trouvaient mêlés; mais ce sont là les seules substances non volcaniques qu'on ait observées dans les produits de cette éruption. Pendant le mois d'août, il se manifesta dans la mer, au sud-ouest de la nouvelle ile, un fort bouillonnement et une agitation violente, accompagnés de l'émission constante d'une colonne de vapeur, blanche et épaisse, qui indiquait l'existence d'une seconde ouverture à une faible profondeur au-dessous de la surface. Vers la fin d'octobre, il ne restait pas la moindre trace du cratère, et l'île était presque de niveau avec la surface de l'océan, à l'exception d'un seul point où se trouvait un petit monticule de sable et de scories. On a prétendu qu'au commencement de l'année suivante (1832), il y avait 45 mètres d'eau à la place que l'île avait occupée; mais cette assertion était complétement erronée; car, dans la première partie de cette année, le Capitaine Swinburne trouva un haut-fond en ce même point, où l'eau d'ailleurs était incolore; et, vers la fin de 1835, il y existait un récif très-dangereux, de forme ovale, et de près de 1,100 mètres d'étendue. Au centre, à 2^{m}7 ou 3^{m}3 sous l'eau, se trouvait un rocher noir de vingt-six brasses de diamètre; il était entouré par des bancs de roches volcaniques noirâtres et de sable; mais, à soixante brasses de la masse centrale, la profondeur augmentait rapidement. A la distance de 135 mètres sud-ouest du grand récif, il y avait un second haut-fond, couvert de 4^{m}50 d'eau; il était aussi formé de rocs et environné d'une mer profonde. Tout porte à croire que la roche formant le milieu du grand récif, est une masse de lave solide qui surgit dans le cratère principal, et que le second haut-fond indique la place où se produisit l'éruption sous-marine observée, en août 1831, au sud-ouest de l'île.

D'après tous les faits qui viennent d'être cités, il paraît qu'une colline de 240 mètres de haut ou même plus, fut formée par un volcan sous-marin, dont la partie supérieure,

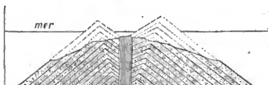
qui n'avait environ que 60 mètres, s'éleva au-dessus des eaux de manière à former une île. Ce cône doit avoir égalé en volume un des plus grands volcans latéraux situés sur les flancs de l'Etna, et sa hauteur devait être, à peu près, moitié de la montagne Jorullo, au Mexique, qui fut formée en 1759 dans l'espace de neuf mois. Une grande cavité était entretenue au centre du nouveau volcan par des émissions gazeuses, qui entraînaient avec elles des scories ; et il est probable qu'il en sortit aussi de la lave fluide. Il n'est pas rare que de petits cratères secondaires se fassent jour près du sommet d'un cône, et c'est ce qui peut avoir eu lieu lors de la formation de l'île Graham, auquel cas une ouverture de ce genre aurait communiqué avec le canal principal de décharge qui livrait passage, dans cette direction, à des gaz, à des scories et à de la lave fondue. Il n'y a point d'apparence qu'aucun courant de lave soit sorti par cet orifice ou par la bouche principale ; mais il est fort possible que des roches en fusion aient coulé des flancs ou de la base du cône — circonstance qui se produit souvent sur la terre ferme — et se soient répandues de manière à former une vaste nappe sur le fond de la mer.

Les lignes ponctuées, dans la figure ci-jointe, indiquent la restitution idéale de la partie supérieure du cône qui a été emportée par les vagues, et les lignes pleines représentent la partie du volcan qui est encore sous l'eau ; au centre, se trouve une grande colonne, ou dyke de lave solide, dont le diamètre est de 60 mètres et qu'on suppose remplir l'espace par où s'élevaient les fluides gazeux ; de chaque côté du dyke existe une masse stratifiée de scories et de fragments de lave. Le noyau solide du récif, où l'on voit aujourd'hui la roche noire, résiste aux mouvements de la mer, tandis que les tufs incohérents qui l'entourent ont été un peu entraînés à leur partie supérieure. Ainsi, la lave qui formait la partie la plus basse de l'île, ou pour parler plus exactement, la portion qui ne

dépassa pour ainsi dire jamais le niveau de la mer, lorsque l'île existait, se trouve aujourd'hui constituer le point culminant du récif.

Aucun des faits observés, soit pendant l'éruption, soit depuis que l'île a disparu, n'est venu confirmer le moins du

Fig. 94.



Coupe supposée de l'île Graham (C. Mac'aren) (1).

monde l'opinion avancée par quelques auteurs, qu'une partie de l'ancien lit de la mer avait été soulevée en masse.

Suivant le docteur John Davy, les produits solides, tels que le sable, les scories légères, ou la lave poreuse, différaient entre eux bien plus par la forme que par la composition. La lave contenait de l'augite, et sa pesanteur spécifique était de 2,07 et de 2,70. Quand les scories spongieuses et légères qui flottaient sur la mer furent réduites en une poudre fine par la trituration, et que la plus grande partie de l'air qu'elles contenaient s'en fut dégagée, leur pesanteur spécifique se trouva être de 2,64; celle d'une portion du sable qui tomba pendant l'éruption était de 2,65 (2); de sorte que ces différents matériaux égalaient les granits ordinaires sous le rapport du poids et de la dureté. Le seul gaz émis en quantité un peu considérable était de l'acide carbonique (3).

Éruptions sous-marines dans le milieu de l'Atlantique. — Le *Nautical Magazine* de 1835, p. 642, et de 1838,

(1) *Geol. of Fife and the Lothians*, p. 41. *Edin.* 1839.
(2) *Phil. Trans.*, 1832, p. 243.
(3) *Ibid.*, p. 249.

p. 361, ainsi que les *Comptes Rendus*, avril 1838, nous donnent les récits d'une série de phénomènes volcaniques, de tremblements de terre, d'eau décolorée, de scories flottantes et de colonnes de fumée qui, depuis la seconde moitié du siècle, ont été observés par intervalles, dans un espace de mer ouverte, compris entre les 20e et 22e degrés de longitude occidentale, à un demi-degré de distance au sud de l'équateur. Ces faits, dit M. Darwin, semblent montrer qu'une ile ou un archipel est en voie de se former dans le milieu de l'Atlantique, — foyer naissant de l'action volcanique que couperait la ligne prolongée qui réunirait Sainte-Hélène à l'île de l'Ascension (1). Dans tous les cas, si de la terre ferme venait à surgir sur ce point, ce ne serait pas la première fois que l'action ignée l'aurait produite dans cet océan, depuis que ses eaux se trouvent habitées par les espèces actuelles de testacés. A Porto Praya, dans l'ile de St. Iago, l'une des Açores, on remarque une couche calcaire, renfermant des coquilles marines d'espèces *récentes*, que recouvre une grande nappe de basalte de 24 mètres d'épaisseur (2). Il serait difficile de préjuger, à sa juste valeur, toute l'importance commerciale et politique que pourrait acquérir un groupe d'îles qui, dans les deux ou trois mille ans prochains, viendrait à émerger du milieu de l'océan, entre Sainte-Hélène et l'Ascension.

Éruption dans l'île de Lancerote, 1730 à 1736. — Parmi les diverses éruptions qui éclatèrent aux Canaries, celle qui eut lieu dans l'île de Lancerote, entre les années 1730 et 1736, mérite d'être signalée. Une description fort détaillée en a été publiée par M. de Buch, qui, lorsqu'il visita cette île en 1815, eut occasion de comparer les récits qui nous ont été transmis de cet événement, avec l'état actuel du pays et l'aspect géologique qu'il présente. Pendant cette éruption qui

(1) *Darwin's Volcanic Islands*, p. 92.
(2) *Ibid.*, p. 6.

dura cinq années successives, la ville florissante de Santa Catalina et plusieurs autres localités furent ensevelies sous une couche de laves et de scories dont l'épaisseur était de 120 mètres. Trente cônes s'élevèrent, disposés sur une ligne d'environ 3,200 mètres de longueur, et se dirigeant à peu près de l'est à l'ouest. La plus haute de ces collines s'élevait d'environ 180 mètres au-dessus de sa base. La fissure souterraine d'où s'échappaient les fluides élastiques paraît s'être ouverte ou élargie par la formation successive de nouveaux orifices, quand les premières ouvertures se trouvèrent obstruées par de la lave solidifiée ou par des matières éjectées. L'une de ces fentes qui était encore béante en 1815 laissait échapper, d'après M. de Buch, des vapeurs chaudes qui firent monter le thermomètre jusqu'à 62°,77 centigrades; il est à croire que dans les parties inférieures des fissures la température atteignait celle de l'eau bouillante. Les exhalaisons paraissaient consister en vapeur aqueuse; mais cette vapeur ne pouvait être pure, car les crevasses étaient incrustées des deux côtés de *sinter* siliceux — hydrate de silice de couleur blanche, ressemblant à l'opale — qui s'étendait presque jusqu'au milieu. Ce fait important atteste la durée du temps pendant lequel l'action chimique se prolonge après les éruptions, et fait voir comment des fissures ouvertes peuvent être comblées par des matières minérales, sublimées par l'effet des exhalaisons volcaniques.

Il arriva plus d'une fois, pendant cette série d'éruptions, que des poissons morts couvrirent les bancs et les rivages de l'île, ou flottèrent sur les eaux. Ils appartenaient à différentes espèces, dont plusieurs n'avaient jamais été vues auparavant, et ils se montrèrent, dit-on, en nombre incalculable, surtout près des points où les courants de lave pénétraient dans la mer. Ce fait est d'un grand intérêt géologique, alors qu'un grand nombre de poissons fossiles, de date ancienne, ceux de Monte Bolca, par exemple, sont conservés dans les tufs volca-

niques ou dans les marnes, associés avec les roches ignées contemporaines. En août 1824, une autre éruption se manifesta à Lancerote près du port de Rescif; elle donna lieu à un cône et à un cratère d'où, en 1850, lors de la visite de M. Hartung, s'échappaient encore des vapeurs brûlantes (1).

SANTORIN

Le Golfe de Santorin, dans l'Archipel Grec, a été depuis deux mille ans la scène active d'opérations volcaniques. La plus grande des trois iles extérieures du groupe auquel on a donné le nom de Santorin, s'appelle Théra (ou quelquefois Santorin) et forme plus des deux tiers du circuit du golfe (voy. la carte fig. 95, p. 87). La longueur de la ligne du côté extérieur de cette dernière ile et de deux autres qui portent le nom de Thérasia et d'Aspronisi, mesure en tout 48 kilomètres environ; le développement de leur côte intérieure peut avoir 29 kilomètres. Dans le milieu du golfe, se trouvent trois autres iles, appelées la Petite, la Nouvelle, et la Vieille « Kaimenis » ou « Iles Brulées. » — La carte ci-jointe est une réduction de celle de l'Amirauté qui fut dressée en 1848 par feu le Capitaine Grave, de la marine royale.

Pline rapporte que l'année 186 av. J. C. donna naissance à la Vieille Kaimeni, encore appelée Hiera ou « Ile Sacrée », que dans l'année 19 de notre ère « Thia » (la divine) fit son apparition au-dessus des eaux, et qu'elle fut bientôt réunie, lors d'éruptions subséquentes, à l'ile plus ancienne dont elle ne se trouvait éloignée que de 250 pas. La Vieille Kaimeni elle-même s'agrandit en 726 et en 1427. Un siècle et demi plus tard, en 1573, une autre éruption produisit le cône et le cratère de Micra Kaimeni, ou « Petite Ile Brûlée. » Le grand

(1) C. Hartung, *Lanzerote and Fuertaventura*, 1856.

événement qui suivit et dont le souvenir est parvenu jusqu'à nous, arriva en 1650 ; une éruption sous-marine agita violemment la mer, en un point situé à 5,600 mètres nord-est de Théra, et donna lieu à la formation d'un haut-fond (voy. A sur la carte) qui, soigneusement examiné par le Capitaine Grave, en 1848, fut reconnu couvert de 10 brasses d'eau et entouré d'une mer de plus en plus profonde dans toutes les directions. Cette éruption dura trois mois, en couvrant la mer de ponces flottantes. En même temps qu'un tremblement de terre détruisait plusieurs maisons à Théra, la mer envahissait la côte, renversait deux églises, et mettait à découvert deux villages, — un de chaque côté de la montagne de S. Stéphen. Ces deux villages avaient été probablement engloutis par des matières volcaniques incohérentes, lors de quelque ancienne éruption dont on ignore la date (1). Les vapeurs de soufre et d'hydrogène qui se dégagèrent de la mer pendant la catastrophe firent périr plus de 50 personnes, et plus d'un millier d'animaux domestiques. Une vague de 15 mètres de hauteur vint se briser sur les rochers de l'île de Nia, à quatre lieues environ de distance, et s'avança de 450 mètres dans l'intérieur de l'île de Sikino. Enfin, de 1707 à 1709, Nea Kaimeni ou la Nouvelle Ile Brûlée, fut produite entre Palaia et Micra (vieille et petite) Kaimenis. Cette île se composait originairement de deux parties distinctes : la première qui s'éleva fut appelée l'île Blanche, c'était une masse de ponce extrêmement poreuse. Le père jésuite Gorée, qui se trouvait alors à Santorin, dit que cette roche « se coupait comme du pain » ; que lorsque les habitants abordèrent à la nouvelle île, ils trouvèrent, adhérant à la roche, une grande quantité d'huîtres, en pleine croissance, et qu'ils les mangèrent (2). Cette masse fut ensuite recouverte, en grande partie, par les déjections provenant du cratère d'une île jumelle qui avait surgi en même

(1) Virlet, *Bull. de la Soc. Géol. de France*, t. III, p. 103.
(2) Phil. Trans. n° 332.

Fig. 95.

Carte de Santorin dans l'archipel grec, d'après la reconnaissance faite en 1848, par le Capitaine Grave, de la marine royale. — *Les sondages sont donnés en brasses.*

A — Haut-fond formé en 1650 par une éruption volcanique sous-marine. — *B* — Entrée septentrionale. — *C* — Rocher de Mansell. — *D* — Mont Saint-Elias de 570 mètres de hauteur.

Fig. 95.



Coupe de Santorin, dans la direction N.-E. et S. O., partant de Théra et aboutissant à Aspronisi, en traversant les Kaimenis.

a — Vieille Kaimeni. — *b* — Nouvelle Kaimeni. — *c* — Petite Kaimeni. — *dd'* — Grande couche de conglomérat blanc tufacé ou d'une matière éjectée, contenant des fragments de trachyte brunâtre.

scories jusqu'au niveau de la mer, qu'il dépasse aujourd'hui de 1m50 à 1m80 (1).

On peut comparer l'élévation partielle de cette matière solide à celle d'une croûte de scories, analogue à celle qui se forme ordinairement à la surface des courants de lave encore en mouvement, et qui, bien que lithoïde et capable de supporter des poids considérables, peut se soulever, sans rup-



Fig. 97.

Vue à vol d'oiseau du golfe de Santorin, pendant l'éruption volcanique du mois de février 1866.

a — Thérasia.
b — Entrée septentrionale, 320 mètres de profondeur.
c — Théra.
d — Mont Saint-Elias, s'élevant de 567 mètres au-dessus du niveau de la mer, et composé de calcaire granuleux et de schiste argileux, les seules roches volcaniques qui se trouvent à Santorin.
e — Aspronisi.
f — Petite Kaimeni.
g — Nouvelle Kaimeni.
h — Vieille Kaimeni.
i — Aphroessa.
k — Georges.

(1) E. Forbes, *Brit. Association, Report for* 1843, p. 177.

suivant Schmidt, il finit par atteindre une hauteur d'environ 60 mètres. Le Commandant Brine étant monté, le 28 février 1866, sur le sommet du cratère de Nea Kaimeni qui s'élève à une hauteur d'environ 105 mètres, examina au-dessous de lui le nouveau volcan qui se trouvait alors en pleine activité. La masse entière du cône obéissait à un mouvement ondulatoire de droite à gauche ; elle paraissait parfois s'enfler au point de présenter un volume et une hauteur presque doubles, et formait des saillies brusques semblables à des éperons de montagne. A la fin, une large ouverture se produisit en travers du sommet du cône, la vapeur s'en échappa avec un effroyable mugissement, et le nouveau cratère lança jusqu'à la hauteur de 15 à 30 mètres des tonnes de roches et de cendres, mêlées à de la fumée et à de la vapeur aqueuse. Les matières qui se répandirent sur Micra Kaimeni, située à 600 mètres du nouveau volcan, mesuraient 3,840 mètres cubes. Cette crise passée, les saillies tombèrent peu à peu, le cône diminua de hauteur et se referma ; puis, après quelques minutes d'un silence relatif, l'explosion recommença aussi violente, avec un fracas, une intensité, et un résultat tout à fait semblables. Des flocons de vapeur qui s'échappèrent de l'ancien cratère de Nea Kaimeni prouvèrent qu'il existait une communication sous-marine entre les évents de l'ancien volcan et ceux du nouveau (1).

Aphroessa, dont le cône finit par atteindre une élévation de plus de 18 mètres, fut réunie, au mois d'août, à l'île principale. Ce résultat fut dû, en partie du moins, au soulèvement du fond de la mer dont la profondeur n'est plus que de 7 brasses dans le canal qui sépare la Nouvelle Kaimeni de la Vieille, tandis que les sondages donnèrent jadis 100 brasses, ainsi que l'indique la carte de l'Amirauté (voy. fig. 95).

La carte et la coupe (*fig.* 95 et 96) font voir que les Kaimenis

(1) Brine, *Visit to Santorin Royal Geographical Proc.*, 10 novembre 1866, vol X. p. 317.

sont disposées dans une direction linéaire, et s'étendent du nord-est au sud-ouest, d'une manière tout autre que celle qui est représentée dans les cartes anciennes. Dans leur plus long diamètre, ces îles forment à leur base une crête qui coupe presque en deux le golfe ou le cratère.

Malgré cet arrangement linéaire, on peut comparer les trois Kaimenis qui se trouvent au centre du golfe, au cône moderne du Vésuve, et considérer les îles extérieures, Théra, Aspronisi et Thérasia comme les restes d'un cône plus ancien et ruiné, analogue à celui de la Somma. Théra, qui constitue, à elle seule, plus des deux tiers du circuit extérieur, présente, sur tous les points qui regardent le golfe, des précipices élevés et abruptes, composés de roches volcaniques. Partout, à la base de ces falaises, la profondeur de l'eau se trouvait être de 240 à 300 mètres, et le Lieutenant Leycester nous apprend que si l'on pouvait mettre à sec le golfe, dont le diamètre est de 9,600 mètres, il offrirait une cavité en forme de coupe, avec des parois hautes, en quelques points, de 735 mètres, et d'au moins 360 mètres partout ailleurs, même sur le côté sud-ouest qui est le plus bas; tandis que les Kaimenis formeraient au centre une énorme montagne, ayant à sa base 8,800 mètres de circonférence, et couronnée de trois sommets principaux, (la Vieille, la Nouvelle et la Petite Iles Brûlées), dont les hauteurs respectives seraient de 375 mètres, 489 mètres, 347 mètres au-dessus du fond de l'abîme. Le rebord de cette immense chaudière, ainsi mise à découvert, se montrerait entier et sans rupture, excepté en un point où se trouve, entre Théra et Thérasia, une longue ouverture ou canal que les marins connaissent sous le nom « d'entrée septentrionale » et que le Lieutenant Leycester a appelée « porte d'entrée du cratère. » (*B fig.* 95 et *b fig.* 97.) Ce canal n'a pas moins de 351 mètres de profondeur et constitue, d'après les sondages (voy. la carte *fig.* 95), un trait remarquable dans la configuration du lit de la mer. Il n'existe nulle autre part, dans

l'espace circulaire qu'occupent les iles extérieures, de canal correspondant pour passer du golfe dans la Méditerranée; car, dans toute cette étendue, la plus grande profondeur des eaux varie entre 2m10 et 20 mètres.

En supposant donc qu'à une époque ancienne la masse entière de Santorin se soit élevée à un niveau supérieur de 360 mètres, le ravin ou l'étroite vallée qui forme aujourd'hui « l'entrée septentrionale » eût été alors le passage unique par lequel la mer pénétrait dans la baie circulaire.

Mais, il se peut aussi qu'à une époque bien plus reculée, lorsque l'ancien cône volcanique, dont les iles extérieures sont les restes, s'élevait au-dessus de la mer à une hauteur encore supérieure à celle que nous venons de supposer, il existât en ce point une profonde vallée sous-aérienne, creusée par la rivière principale qui arrosait alors Santorin. Cette ile elle-même peut avoir consisté, à l'origine, en un cône volcanique élevé qui fut plus tard tronqué par suite d'une explosion violente, analogue à celle dont nous avons parlé à propos du Galongoon, p. 73, et lorsque nous avons traité de l'origine possible du Val del Bove, sur l'Etna. Dans ce cas, il devient indispensable de supposer que l'ile originelle a subi un affaissement et une submersion partielle, si l'on veut expliquer l'état actuel du golfe et le canal profond (B. *fig.* 95) qui coïncide avec l'ancienne gorge due à l'érosion fluviatile.

Toutes les iles extérieures, Théra, Thérasia et Aspronisi sont couvertes uniformément d'une couche épaisse de matières volcaniques, indiquée par *d, d*, dans la coupe, fig. 96, p. 87. Ce grand dépôt sus-jacent a été qualifié de ponceux par plusieurs observateurs; mais, d'après M. Virlet, il constitue un conglomérat tufacé blanc, dans le sein duquel sont disséminés des fragments d'un trachyte noir. Une telle masse peut bien être attribuée à la convulsion violente qui détruisit une si grande partie du grand cône, et détermina la formation

du golfe, au milieu duquel ont surgi depuis les petites îles Kaimenis.

Théra, Thérasia et Aspronisi sont exclusivement composées de matières volcaniques, excepté pourtant la partie méridionale de Théra, où le Mont Saint-Elias (*dd*, *fig.* 97) présente une élévation de 567 mètres au-dessus du niveau de la mer, c'est-à-dire trois fois la hauteur qu'atteint aujourd'hui la plus élevée des roches ignées (1). Cette montagne est formée de calcaire granulaire et de schiste argileux; elle est beaucoup plus ancienne qu'aucune partie du cône volcanique, dont un côté de la base vient aujourd'hui appuyer sur elle. L'inclinaison, le plongement et les fractures des strates calcaires et argileuses de Saint-Elias n'ont aucun rapport avec le grand cône; mais, suivant M. Bory Saint-Vincent, elles ont la même direction que celle des autres îles de l'Archipel Grec, c'est-à-dire qu'elles courent du nord-nord-ouest au sud-sud-est. Les trois îles Théra, Thérasia et Aspronisi se composent de lits de lave trachytique et de tuf, doucement inclinés de 3 à 4 degrés seulement. Chacun des lits est très-étroit et discontinu, les assises successives faisant corps ou étant assemblées en queue d'aronde, suivant l'expression de M. Virlet, avec les inégalités de la surface préexistante, sur laquelle se sont répandus des courants de matière fondue ou des pluies de cendres.

M. Virlet cite un fait important pour montrer que, dans les trois îles extérieures, la faible inclinaison des courants de lave vers tous les points de l'horizon, loin du centre du golfe, ne doit pas être attribuée au soulèvement de lits horizontaux, comme le supposait de Buch qui n'avait jamais visité Santorin (2). Le géologue Français a trouvé que les vésicules ou pores des masses trachytiques se sont allongés dans les diverses directions où ils le seraient naturellement si ces ma-

(1) Virlet, *Bull. de la Soc. Géol. de France*, t. III, p. 103.
(2) Annales de Poggendorf, 1836, p. 183.

tières avaient coulé d'un cône occupant le centre du cratère. On sait très-bien, en effet, que les bulles de gaz enfermées dans un liquide en mouvement prennent une forme ovale, et que la direction de leur plus grand axe coïncide toujours avec celle du courant.

L'absence de dykes dans les falaises qui entourent le golfe est toute en faveur de l'opinion que ces escarpements sont bien une coupe des restes de la base d'un ancien cône volcanique. Nous avons déjà parlé du manque de pareils dykes dans ces parties de l'ancien Vésuve (voy. vol. 1, p. 823) ou Somma, ainsi que dans celles de l'Etna, qui se trouvent éloignées des centres originels d'éruption (vol. 11, p. 22); et l'analogie nous conduit à conclure, en toute assurance, que la portion manquante de l'ancien cône de Santorin, qui s'élevait à une grande hauteur sur le point où se trouvent aujourd'hui les Kaimenis, consistait jadis en laves fortement inclinées que de nombreux dykes traversaient verticalement.

Si l'on adopte la théorie qui vient d'être proposée, il faut admettre un affaissement de plus de 30 mètres, pour expliquer comment le canal nord-est (B, *fig.* 95, et *b fig.* 97) n'est autre chose qu'un ravin ou vallée sous-aérienne qui a été submergée. On peut dire, à l'appui de cette opinion qu'une grande partie de Théra s'est affaissée pendant un grand tremblement de terre qui se fit sentir en 1650, et que cet abaissement est non seulement affirmé par la tradition, mais qu'il est encore prouvé par le fait qu'une route, servant jadis de communication entre deux localités situées sur la côte orientale de l'île, se trouve être maintenant à 12 brasses sous l'eau. Sans doute, il faut une longue succession de pareils événements pour amener une si grande submersion, et c'est pour ce motif, que nous laisserons aux géologues futurs le soin de décider quelle théorie est la meilleure, de celle-ci ou de toute autre, pour expliquer l'origine de cette cavité sous-marine.

En résumé, d'après tous les faits que l'on connaît aujour-

d'hui relativement à Santorin, j'attribue la pente modérée des lits que l'on observe à Théra et dans les autres îles extérieures, à ce que les matières qui les composent se sont épanchées à l'origine sur les flancs inclinés d'un vaste cône volcanique, dont l'orifice principal ou les évents d'éruption ont toujours été situés à la place qu'ils ont aujourd'hui, c'est-à-dire au centre ou non loin du centre de l'espace occupé par le golfe ou cratère, en d'autres termes, au point même où l'on a vu surgir les Kaimenis, dans les temps historiques. L'ouverture longue et profonde qui se montre unique dans le cratère est un trait commun à tous les restes de ces anciens volcans, dont les portions centrales ont été enlevées; et la dénudation aqueuse a probablement joué un rôle dans sa formation. Quant à l'âge des formations volcaniques les plus anciennes de Santorin, j'apprends de M. Fouqué que ces formations appartiennent à la période du Nouveau Pliocène, ainsi que le démontrent les coquilles marines qu'il y a recueillies en 1866 (1).

Ile de Barren. — La structure de l'île de Barren, située dans le Golfe de Bengale, par 12°15' de latitude, offre beaucoup d'analogie avec celle de Santorin, qui vient d'être décrite. Vue de l'océan, cette île présente, presque de toutes parts, une surface de rochers nus, s'élevant en pente douce vers l'intérieur; mais, en un certain point, il se trouve une ouverture qui permet de pénétrer dans le centre, où l'on trouve un grand bassin circulaire de plus de 2,400 mètres de diamètre, et entouré de tous côtés par des roches abruptes, au milieu desquelles s'élève un cône volcanique, très-souvent en éruption. La hauteur du bord circulaire qui enferme le bassin a été diversement évaluée; suivant Liebig, qui visita l'île en 1857, elle serait de 300 mètres, et cette élévation

(1) Pendant que ce volume était à l'impression, de superbes photographies, avec descriptions, reproduisant l'éruption des Kaimenis en 1866, ont été publiées par MM. Fritsch, Reiss et Stubel. Londres, Ed. Tubner, 1867.

correspondant à celle du cône moderne, on ne peut voir ce dernier de la mer qu'à travers l'échancrure du ravin. Les côtés de ce cône plongent sous des angles de 35 à 40 degrés.

Fig. 98.



Cône et cratère de l'île de Barren, dans le golfe de Bengale. — Hauteur du cône central, 150 mètres, suivant le capitaine Miller, en 1834 (1).

Dans quelques anciennes descriptions la mer est dite pénétrer dans le bassin central ; mais Liebig rapporte qu'on ne l'y voyait pas au moment de sa visite, et qu'on pouvait suivre, depuis l'intérieur jusqu'à l'ouverture de la cavité, un courant de lave noirâtre de 3 mètres d'épaisseur. On voyait aussi sur les côtés du passage ou de l'entrée, une éminence de 6 mètres de hauteur, composée de tuf volcanique et de cailloux roulés, qui indiquait un soulèvement récent de l'île dans les mêmes

Fig. 99.



Coupe supposée de l'île de Barren dans le golfe de Bengale (2).

proportions. Il est extrêmement probable que la ceinture extérieure de l'île de Barren, (*c*, *d*, *fig.* 99) n'est rien autre que

(1) La vue ci-dessus a été donnée par M. de Buch. Le capitaine Horsburg vit, en 1803, de la fumée sortir du cratère.

(2) *Von Liebig Zeitschrift der Geologischen Gesellschaft*, vol. X, p. 303, 1858.

les débris d'un cône tronqué *c*, *a*, *b*, *d*, dont une grande portion a été détruite par l'effet des explosions qui peuvent avoir précédé la formation du nouveau cône extérieur, *f*, *e*, *g* (1).

VOLCANS DE BOUE.

Islande. — Le professeur R. Bunsen, dans la description qu'il a donnée des phénomènes pseudo-volcaniques de l'Islande, signale plusieurs vallées où des vapeurs sulfureuses et aqueuses se dégagent, avec sifflements, d'un sol brûlant, formé de tuf volcanique. Dans ces endroits, se trouve un étang renfermant de l'eau en ébullition, au sein de laquelle monte en grosses bulles une pâte argileuse d'un noir bleuâtre. Ces bulles, en éclatant, lancent, jusqu'à une hauteur de 4^{m}50 et plus, la boue en ébullition qui vient s'accumuler autour du cratère et former un rebord au bassin de la source.

Bakou, sur la côte de la mer Caspienne. — La formation d'un nouveau volcan de boue fut observée, le 27 novembre 1827, à Tokmali, dans la péninsule d'Abscheron, à l'est de Bakou. Des flammes éclatantes montèrent pendant trois heures jusqu'à une hauteur extraordinaire, et continuèrent de s'élever ensuite pendant vingt heures à 90 centimètres environ au-dessus d'un cratère qui vomissait de la boue. En un autre point du même district, où des flammes se montrèrent également, des fragments de roches d'une certaine grosseur furent lancés dans l'air, et disséminés sur le sol d'alentour (1).

Sicile. — On remarque dans une localité appelée Macaluba, et située près de Girgenti, en Sicile, plusieurs monticules coniques de 3 à 9 mètres de hauteur avec de petits cratères à leur sommet, qui projettent de l'eau froide, mêlée à de la boue et à du bitume. Des bulles d'acide carbonique et d'hydrogène carboné se dégagent aussi de ces sources, et cela,

(1) Humboldt, *Cosmos*.

à certaines époques, avec une force suffisante pour lancer de la boue jusqu'à la hauteur de 60 mètres. Ces « volcans d'air » (ou *salses*), comme on les appelle quelquefois, sont dans le même état d'activité, c'est un fait connu, depuis les quinze derniers siècles; et le Docteur Daubeny pense que les gaz qui s'en échappent peuvent provenir de la combustion lente des lits de soufre, qui sont actuellement en voie de se former dans l'argile bleue, d'où jaillissent les sources (1). Mais

Fig. 100.



Cônes et cratères de boue de Hinglaj, près Beila, district de Lus, à 20 kilomètres environ de l'embouchure de l'Indus, d'après un dessin original du Capitaine Robertson. (Voy. la carte, p. 128).

comme les gaz sont identiques à ceux qui se dégagent dans les éruptions volcaniques, et qu'ils ont continué à s'écouler

(1) Daubeny, *Volcans*, p. 267.

pendant une période fort longue, il est probable qu'ils dérivent d'une source bien plus profondément située.

Beila dans l'Inde. — Dans le district de Luss ou Lus, au sud de Beila, à 20 kilomètres environ au nord-ouest de Kotch et des embouchures de l'Indus (voir la carte, *fig.* 105, p. 128), on rencontre des volcans de boue, disséminés en grand nombre sur un espace qui peut avoir au moins 2,588 kilomètres carrés d'étendue. Quelques-uns de ces volcans ont été parfaitement décrits par le Capitaine Hart; et, après lui, le Capitaine Robertson, qui visita cette région, en fit plusieurs esquisses, qu'il a fort obligeamment mises à ma disposition, et parmi lesquelles j'ai choisi la vue ci-jointe. Ces éminences coniques se rencontrent à l'ouest des monts Hara et de la rivière Hubb (voir la carte, p. 128.) L'un de ces cônes a 120 mètres de hauteur; il se compose d'une terre légèrement colorée et se termine par un cratère de 30 mètres de diamètre. La boue liquide qui remplit le cratère est continuellement agitée par des bulles d'air, et s'élance çà et là en petits jets (1).

De la fréquence des éruptions et de la nature des roches ignées souterraines. — Quand on parle des roches ignées de l'époque actuelle, il ne s'agit que de cette petite portion de matières qui, dans les éruptions violentes, est chassée par les fluides élastiques à la surface de la terre, — le sable, les scories et la lave qui se refroidissent à l'air libre. Mais on ne peut pénétrer jusqu'à celle qui se solidifie à une grande profondeur dans l'intérieur du globe, sous une énorme pression, égale à celle de plusieurs centaines ou même de plusieurs milliers d'atmosphères.

On cite, dans le courant du siècle dernier, près de cinquante éruptions qui ont eu lieu dans les cinq districts volcaniques de l'Europe, — du Vésuve, de l'Etna, de Vulcano, du Santorin et de l'Islande; — mais il en est probablement un plus

(1) Voy. Buist, *Volcans de l'Inde*, *Trans. Bombay Geol. Soc.*, vol. X, p. 154, et Capitaine Robertson, *Journ. of Roy. Asiat. Soc.* 1850.

grand nombre qui se sont manifestées sous la mer, dans l'archipel Grec et dans le voisinage de l'Islande, sans qu'on en ait eu connaissance. Si quelques-unes de ces éruptions n'ont pas produit de lave, d'autres, au contraire, comme celle du Skaptar Jokul, en 1783, ont donné lieu, pendant cinq ou six années consécutives, à un écoulement de matière en fusion. Or, comme ces dernières éruptions ne comptent que pour une seule, elles compensent celles qui sont d'une moindre importance. D'un autre côté, si l'on considère que les volcans actifs de l'Europe forment environ le quart de ceux que l'on connaît déjà à la surface du globe, et si l'on calcule qu'en moyenne leur activité égale celle des diverses montagnes brûlantes situées dans d'autres régions, on peut évaluer le nombre d'éruptions qui se produisent sur la terre à 2,000 environ par siècle, ou à 20 par année.

Ainsi, quelque peu considérables que puissent être les roches superficielles que l'action du feu produit à la surface de la terre, on doit supposer que les changements souterrains actuellement en voie de s'accomplir, d'une manière incessante, s'opèrent sur une très-grande échelle. Les cônes volcaniques les plus élevés, et les laves qui ont coulé de leurs cratères, doivent paraître insignifiants, quand on les compare aux produits du feu dans les régions souterraines. Quant à ces roches ignées qui ont été formées de nos jours dans les entrailles de la terre, soit dans des crevasses et dans des cavernes, soit par suite des refroidissements de grandes nappes de lave fondue, on peut admettre en toute sûreté que ces roches sont plus denses, moins poreuses et plus cristallines que les laves ordinaires, bien qu'elles soient composées des mêmes substances minérales. Comme les cristaux les plus durs que nous obtenons artificiellement dans nos laboratoires sont ceux dont la formation exige le plus de temps, on doit supposer que là où le refroidissement de la matière en fusion s'opère insensiblement, dans le cours des siècles, il se produira une grande

variété de minéraux beaucoup plus durs qu'aucun de ceux qui se forment par les procédés naturels dans la courte durée des observations permises à l'esprit humain.

De plus, ces roches volcaniques souterraines ne peuvent être stratifiées de la même manière que les dépôts sédimentaires accumulés au sein des eaux, bien qu'il soit évident que, lorsque de grandes masses en fusion viennent à se consolider, elles peuvent se partager en divisions naturelles, ainsi qu'un grand nombre de courants de lave en présentent l'exemple. On peut s'attendre aussi à ce que les roches en question soient souvent déchirées par des tremblements de terre, — ces phénomènes étant fréquents dans les régions volcaniques, — et à ce que les fissures soient souvent remplies de matière semblable à celle des formations qu'elles traversent, de sorte que des dykes de roche cristalline couperont des masses de composition identique. Il est évident aussi que de telles masses ne peuvent contenir des débris organiques, et que, considérées dans leur ensemble, ces formations ignées, situées à de grandes profondeurs, doivent être sous-jacentes à toutes les strates renfermant des restes organiques, parce que, d'une part, la chaleur se propage de bas en haut, et que, de l'autre, l'intensité de chaleur nécessaire pour amener les substances minérales à l'état de fluidité doit détruire tous les corps organiques des roches intercalées dans le sein de ces formations.

Si, par une suite continue de mouvements ascensionnels, ces masses finissent un jour par arriver à la surface, de la même manière que les strates marines sédimentaires ont été élevées, dans le cours des siècles, jusqu'au sommet des plus hautes montagnes, on conçoit sans peine quels problèmes embarrassants s'offrent alors au géologue. Peut-être parviendra-t-il à étudier, dans quelque chaîne de montagne, les roches vraiment produites à la profondeur de plusieurs kilomètres au-dessous des Andes, de l'Islande ou de Java, au

temps de Leibnitz, et à tirer de leur découverte des conséquences semblables à celles que ce philosophe a déduites de certains produits ignés d'une origine très-ancienne; car il considérait notre globe comme ayant été, pendant une période indéfinie, à l'état de comète, sans eau, et n'étant alors habitable ni par des animaux aquatiques, ni par des animaux terrestres.

CHAPITRE XXVIII.

DES TREMBLEMENTS DE TERRE ET DE LEURS EFFETS.

Des tremblements de terre et de leurs effets.—De l'insuffisance des anciens récits. — Phénomènes atmosphériques ordinaires. — Changements produits par des tremblements de terre dans les temps modernes, considérés chronologiquement. — Tremblement de terre à la Nouvelle Zélande. — Soulèvement et abaissement permanents du sol. — Faille produite dans les roches.— Tremblements de terre en Syrie, 1837. — Au Chili, 1835 et 1837. — L'île de Santa Maria élevée de 3 mètres. — Chili, 1822. — Étendue de la région exhaussée. — Tremblement de terre de Kotch, en 1819. — Affaissement dans le delta de l'Indus. — Ile de Sumbawa en 1815. — Tremblement de terre de Caracas, en 1812. — Secousses éprouvées à New Madrid, en 1811, dans la vallée du Mississipi.

Dans l'esquisse que j'ai tracée, dans le chapitre XXIII, des limites géographiques des régions volcaniques, j'ai établi que, bien que les points d'éruption ne soient pas fort multipliés et qu'ils n'occupent que de très-petits espaces sur la surface de ces vastes districts, les mouvements souterrains s'étendent pourtant sur d'immenses étendues à la fois. Nous allons à présent considérer les changements que ces mouvements produisent, tant à la surface du globe que dans la structure intérieure de l'écorce terrestre.

Insuffisance des anciens récits. — Ce n'est qu'à partir des deux derniers siècles, depuis que Hooke a le premier, en 1688, fait connaître ses idées sur la corrélation des phénomènes géologiques et des tremblements de terre, que les changements permanents effectués par ces convulsions ont éveillé l'attention générale. Avant cette époque, le récit de l'historien se bornait presque exclusivement à relater le nombre d'individus qui avaient péri, celui des villes dévastées, la valeur des propriétés détruites, ou certains phénomènes atmosphériques qui excitaient la surprise ou l'effroi des observateurs. La formation d'un lac nouveau, l'engloutissement d'une ville, ou l'apparition d'une île nouvelle, y sont, il est vrai, quelquefois

indiqués, comme étant des faits trop évidents, ou comme offrant un intérêt géographique ou politique trop important, pour être passés sous silence. Mais aucune recherche n'était faite dans le but exprès de déterminer, soit la mesure de l'élévation ou de la dépression du sol, soit les altérations particulières survenues dans la position relative de la mer et de la terre ferme; et l'on n'établissait que fort peu de distinction entre l'exhaussement du sol produit par des déjections volcaniques, et son soulèvement dû à l'action des forces souterraines. La même remarque s'applique à un très-grand nombre de récits modernes; et l'on a d'autant plus de raison de regretter l'insuffisance des données qu'ils renferment, que chaque fois que les témoins oculaires de ces événements ont été animés d'un esprit de recherche scientifique, leurs observations ont révélé des faits capables de répandre quelque clarté sur les anciennes modifications qu'a subies la structure du globe.

Phénomènes qui accompagnent les tremblements de terre. — Comme je me bornerai presque exclusivement, dans ce que je vais dire sur les tremblements de terre, aux changements qu'ils ont produits dans la configuration de la croûte de la terre, je mentionnerai d'abord, d'une manière générale, mais qui nous dispense pourtant d'y revenir, quelques-unes des circonstances qui accompagnent ces terribles événements dont l'histoire nous retrace presque uniformément le souvenir. Je veux parler des irrégularités qu'on observe dans les saisons qui précèdent ou qui suivent les secousses; des coups de vent violents auxquels succèdent des calmes plats; des fortes pluies qui tombent soit à des époques inaccoutumées, soit dans des régions où de tels phénomènes sont pour ainsi dire inconnus; de la teinte rouge que prend le disque du soleil; de l'état brumeux qui se produit dans l'atmosphère, et se continue souvent pendant plusieurs mois; des effluves électriques; du gaz inflammable et des vapeurs sulfureuses et méphitiques qui se dégagent du

sol ; des bruits souterrains qui ressemblent au roulement de chariots, à une décharge d'artillerie ou au grondement du tonnerre dans le lointain ; des cris de détresse que poussent les animaux et de la terreur extraordinaire qu'ils manifestent, par suite de leur impressionnabilité, au moindre mouvement du sol, bien plus grande que celle de l'homme ; enfin de cette sensation analogue au mal de mer et accompagnée de vertiges que l'homme lui-même éprouve : — tous ces phénomènes, et d'autres qui se lient moins intimement avec notre sujet considéré au point de vue géologique, s'étant reproduits mainte et mainte fois, à des époques éloignées, et dans toutes les parties du globe.

Je commencerai l'énumération des tremblements de terre par les récits authentiques les plus récents, et poursuivrai ensuite ma revue d'une manière rétrospective, ce qui me permettra de placer d'abord sous les yeux du lecteur les détails circonstanciés des phénomènes qui ont eu lieu dans les temps modernes, et de le mettre ainsi à même de juger, d'après l'énorme quantité de changements survenus dans les 170 dernières années, de toute l'insuffisance que doivent offrir les annales incomplètes des temps anciens.

TREMBLEMENTS DE TERRE AU DIX-NEUVIÈME SIÈCLE (1).

Nouvelle Zélande, 1855. — Soulèvement et affaissement permanents du sol. — De tous les pays où l'on parle la langue Anglaise, la Nouvelle Zélande est peut-être celui où les tremblements de terre, c'est-à-dire pour s'exprimer avec plus d'exactitude, les causes souterraines

(1) Depuis que la première édition de cet ouvrage a paru, un grand nombre de récits de tremblements de terre récents ont été publiés ; mais comme ils ne présentent, en principe, rien de nouveau, je me dispenserai d'en parler parce qu'ils agrandiraient trop le cadre de mon ouvrage. Feu M. de Hoff a publié, à diverses époques, dans les *Annales de Poggendorf*, plusieurs listes des tremblements de terre qui ont eu lieu de 1821 à 1836 ; et, en jetant un coup d'œil sur ces listes, le lecteur verra que chacun des mois de cette période est signalé par une ou plusieurs convulsions dans quelque point du globe. Voy. *Mallet's Dynamics of Earthquakes, Trans. Roy. Irish Acad.*, 1846 ; — un article « Tremblements de Terre », *Manuel de l'Amirauté*,

auxquelles sont dues ces convulsions, ont montré le plus d'activité pour produire des changements intéressants au point de vue géologique. Depuis que cet archipel est connu des baleiniers et des colons, les secousses souterraines s'y sont fait successivement sentir dans les différents districts qui le composent.

Le Rév. R. Taylor, missionnaire qui a résidé plusieurs années dans la Nouvelle Zélande, constate que les chocs dans les années 1826, 1841 et 1843, se propagèrent, avec leur maximum d'intensité, dans des étendues distinctes les unes des autres. En 1823, il existait à 128 kilomètres au nord de Dusky Bay, une petite anse connue sous le nom de Jail; abritée par de hautes falaises, elle offrait un ancrage excellent aux vaisseaux, ce qui la faisait fréquenter par les baleiniers, et les eaux y étaient si profondes jusqu'au pied du rivage, que l'abordage s'y faisait sans difficulté.

Après une suite de tremblements de terre qui eurent lieu en 1826 et 1827, la transformation de cette côte était si complète que sa configuration primitive était méconnaissable; la crique avait été convertie en terre ferme, et l'on voyait sous l'eau, près de la côte, des arbres qui avaient été probablement entraînés par des éboulements de terrains sur le point où se trouvait d'abord l'eau profonde, car on rapporte que des masses énormes détachées des collines environnantes s'étaient précipitées dans la mer. Le même auteur nous apprend qu'en 1847 on découvrit la coque d'un navire sur la côte orientale de South Island; elle se trouvait à 200 mètres

1849; — Rapport de Mallet sur les tremblements de terre fait à l'Association Britannique, 1850, 1852 et 1858, renfermant un catalogue complet des tremblements de terre connus depuis 1606 avant Jésus-Christ jusqu'à l'année 1812 de notre ère. Voir aussi les remarques sur les tremblements de terre qui ont eu lieu depuis cette dernière époque, et dont les récits ont été publiés par le professeur Alexis Perrey, de Dijon. L'Académie Royale de Belgique a également donné dans ses mémoires la série complète des tremblements de terre et des éruptions volcaniques relevés depuis 1812 et décrits avec le plus grand soin, par le même auteur, ainsi qu'une discussion sur les causes et sur les effets de ces phénomènes. Voy. aussi *Hopkin's Report Assoc. Brit.*, 1847-48.

dans l'intérieur des terres, et l'on crut reconnaître qu'elle appartenait au vaisseau *Active*, qui s'était perdu en 1814. Un petit arbre poussait à travers son fond, et M. Taylor suppose que la côte avait été soulevée à une hauteur suffisante pour que l'océan se fût retiré à 200 mètres de l'ancienne ligne du rivage contre lequel le vaisseau avait échoué. Toutefois, ce ne sera qu'après une investigation plus précise de la localité qu'il sera permis d'affirmer que le vaisseau n'a pas été transporté sur ce point par une vague provoquée par un tremblement de terre, car on a vu, de nos jours, des vagues de cette nature laisser à sec, sur des terrains élevés de l'intérieur du Pérou et de plusieurs autres contrées, des bâtiments aux dimensions beaucoup plus considérables (1), (voy. p. 202). On raconte que les natifs avertirent nos premiers colons qu'ils pouvaient s'attendre tous les sept ans à un grand tremblement de terre; et bien qu'une périodicité aussi exacte du phénomène ne se soit nullement vérifiée, il paraît que le nombre moyen des chocs violents que le pays a éprouvés dans un quart de siècle n'a pas été au-dessous de l'estimation annoncée.

Dans le cours de l'année 1856, j'eus la bonne fortune de converser, à Londres, avec trois hommes distingués, méritant à juste titre la qualité d'observateurs scientifiques, qui avaient été témoins oculaires de l'épouvantable tremblement de terre qui s'était fait sentir dans la Nouvelle-Zélande, au mois de janvier de l'année précédente. C'étaient M. Edward Roberts, du corps des Ingénieurs Royaux, M. Walter Mantell, fils du célèbre géologue, et M. Frederick A. Weld, propriétaire terrien dans le South Island (2). Le tremblement de terre arriva dans la nuit du 23 janvier 1855, et se fit sentir avec le plus de violence dans la partie la plus étroite du dé-

(1) Rev. R. Taylor. *Nouvelle Zélande et ses habitants*, Londres, 1855.

(2) Ce récit a été déjà publié par moi dans le *Bulletin de la Soc. Géol. de France*, 1855, p. 661.

troit de Cook, située à quelques kilomètres sud-est de Port Nicholson (voir la carte, fig. 101); mais les vaisseaux qui se trouvaient en mer à 240 kilomètres de la côte n'en ressentirent pas moins les secousses, et l'on estime à 360,000 milles carrés anglais, surface triple de celle des Iles Britanniques, l'étendue de la région, terre et mer, qui fut ébranlée. Non loin de Wellington, dans l'ile du Nord, une étendue de terre d'environ 4,600 milles carrés (à peu de chose près la contenance du Yorkshire) aurait subi, d'après M. Roberts, un exhaussement permanent de 0m30 à 2m70. L'élévation ne s'apercevait pas d'une manière sensible sur la côte située à 26 kilomètres nord de Wellington; mais, à partir de ce point jusqu'à Pencarrow Head, qui se trouve, sur la côte orientale, à l'entrée de Port Nicholson (voir la carte, fig. 101), le soulèvement du sol allait en augmentant par degrés, et finissait par atteindre perpendiculairement la hauteur de 2m70 le long du flanc oriental des Monts Remutaka. Cette chaine se termine au détroit de Cook, entre Port Nicholson et Palliser Bay, par une côte élevée qui acquiert rapidement la hauteur de 1,200 mètres au-dessus du niveau de la mer. En cet endroit, le mouvement vertical des secousses cessa brusquement le long de la base de ces collines, et ne se manifesta nullement dans la contrée basse située à l'est, *b*, fig. 102, et que l'on désigne sous le nom de plaine de Wairarapa. Les points d'exhaussement minimum et maximum que l'on observe du nord-ouest au sud-est dans le détroit en question sont espacés sur une étendue d'environ 347 kilomètres, et par conséquent égale à la largeur de l'aire soulevée. M. Roberts qui, en sa qualité d'ingénieur du gouvernement, fut occupé, avant et après le 23 janvier, à faire exécuter plusieurs travaux dans la rade de Port Nicholson et sur la côte, se trouva à même d'observer dans ses moindres détails les changements de niveau que le sol éprouva en divers points, et spécialement dans la falaise marine, appelée Muka-Muka,

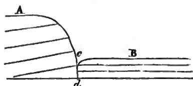
Fig. 101.

LIEUX DU TREMBLEMENT DE TERRE DE LA NOUVELLE ZELANDE
LE 23 JANVIER 1855

GOLFE DE TASMANIE
DÉTROIT DE COOK
OCÉAN PACIFIQUE
VALLÉE WAIRARAPA
MONTAGNES RIMUTAKA
WELLINGTON
BAIE PALLISER
NELSON
BAIE CLOUDY
WHITE BLUFF
C. CAMPBELL
WHITE ROCKS
LES FLAGS
MYRIAMÈTRES
Nle ZELANDE
ISLANDE SEPTENTRIONALE
ISLANDE MERIDIONALE

qui est située à 19,200 mètres sud-est de Wellington, et où vient se terminer vers le sud du détroit de Cook, le versant oriental de la chaine Remutaka, déjà décrite. On y observe la

Fig. 102.



Jonction d'argilite et de couches tertiaires à la falaise de Muka-Muka (1)
a — Argilite. c d — Fissure verticale et faille.
b — Couches tertiaires.

ligne distincte d'une faille *c d*, (fig. 102), limitée du côté A par des roches qui s'élèvent perpendiculairement à 2m70, et de l'autre côté B par des couches qui n'ont subi aucun déplacement. La masse soulevée A consiste, suivant M. Walter Mantell, en argile offrant la même composition que l'argile ordinaire, mais qui n'est pas lamelleuse. Elle forme, en regard du détroit, une falaise de plusieurs dizaines de mètres de hauteur, tandis que les couches tertiaires à stratification horizontale que l'on voit dans la direction de l'est constituent une éminence comparativement basse, et dont l'élévation n'excède pas 24 mètres. Ainsi que nous l'avons dit, ces couches tertiaires, d'origine marine, ne participèrent pas au mouvement qui se manifesta de bas en haut. M. Roberts put mesurer avec soin l'étendue du soulèvement qui s'effectua dans la formation ancienne, en observant le changement de position d'une bande blanche de nullipores qui encroûtait la surface d'une roche placée au-dessous du niveau de la marée basse ; il la trouva, en effet, quelques heures après le tremblement de terre, à 2m70 au-dessus de son ancien niveau. Avant les secousses, on ne pouvait passer entre la mer et la

(1) Cette coupe, que je donne d'après une description verbale, ne doit être regardée que comme un dessin explicatif.

falaise perpendiculaire de Muka-Muka qu'à un moment très-court de la marée basse, et comme les pâtres étaient obligés d'attendre cet instant propice pour conduire leurs troupeaux au delà de la falaise, M. Roberts s'occupait de construire une route en cet endroit. Mais immédiatement après le soulèvement produit par le tremblement de terre, on s'aperçut que la mer laissait à sec un rivage doucement incliné, de plus de 30 mètres de large, et qui, dans toutes les conditions de la marée, offrait un espace plus que suffisant pour donner passage aux hommes et au bétail.

La jonction des roches anciennes et des roches récentes contre la ligne de faille déjà décrite est marquée dans l'intérieur du pays par un escarpement continu, courant au nord et au sud le long de la base des Monts Remutaka qui présentent, en ce point, une pente rapide du côté de l'est, c'est-à-dire vers la grande plaine de Wairarapa, formée du dépôt tertiaire récent que nous avons déjà mentionné. La course de la faille le long de la base de l'escarpement était rendue visible par une falaise, d'origine récente, qui s'élevait presque perpendiculairement jusqu'à la hauteur de 2^m70. D'après les renseignements fournis par M. Borlase, colon qui résidait dans la vallée de Wairarapa, à 96 kilomètres environ au nord du détroit de Cook, cette faille pouvait être suivie dans la direction de l'intérieur des terres jusqu'à la distance extraordinaire de 144 kilomètres. De plus, elle indiquait sa présence, en plusieurs endroits, par une ouverture béante dans laquelle tombait le bétail, sans qu'il fût toujours possible de le retirer, ou par des fissures de 1^m80 à 2^m70 de large que remplissaient çà et là du limon mou et de la terre meuble. Pendant que ce mouvement vertical se faisait sentir, le 23 janvier, Port Nicholson, situé à 19 kilomètres ouest de la falaise de Muka-Muka, s'éleva, ainsi que la vallée de la Hutt, de 1^m20 et 1^m50 — la plus grande élévation se montrant sur le côté oriental du port, et la moindre sur son côté occidental. Un rocher connu sous le

nom de Balley Rock, très-peu éloigné de la Baie Evans, se trouvait d'abord à 0m60 sous l'eau, lors des marées les plus basses, et comme un vaisseau était venu s'y briser, on l'avait surmonté d'une bouée pour en indiquer la position. Après les secousses, ce rocher faisait saillie de près de 0m90 au-dessus de la surface des basses eaux. La marée montante fut sensiblement diminuée dans la rivière Hutt par suite du tremblement de terre. Au moment des convulsions, la mer roula de grandes vagues qui vinrent se briser sur la côte, et pendant plusieurs semaines les marées se montrèrent très-irrégulières. Une vague laissa des poissons morts sur le champ des courses à Wellington, et M. Mantell rapporte que plusieurs vaisseaux rencontrèrent dans le détroit de Cook un nombre prodigieux de ces poissons qui flottaient sur la mer, et dont quelques-uns appartenaient à des espèces complétement inconnues des pêcheurs.

M. Weld, qui réside au sud du détroit, dans l'Ile Méridionale, me dit, qu'outre le choc du 23 janvier, il en avait ressenti, dans la matinée du jour suivant, un autre d'une égale violence, et que les vagues de la mer se précipitèrent sur la côte jusqu'à la distance de 80 kilomètres. En un endroit appelé les Flags, situé entre le Cap Campbell et Waipapa (voyez la carte), des hommes occupés à faire un chargement de bois sur un vaisseau, virent parfaitement le tremblement de terre qui s'avançait vers eux d'un point connu sous le nom de « Roches Blanches », à la distance de 4,800 mètres vers le nord. L'approche du phénomène était rendu visible par la chute des pierres qui roulaient du sommet des falaises, par des éboulements de terrains et des nuages de poussière, ainsi que par l'énorme vague provoquée par les convulsions. Il paraît, cependant, que la partie de l'Ile du Sud qui fut ébranlée n'était pas aussi étendue que la région soulevée autour de Wellington, et que, de plus, le mouvement qui eut lieu au sud du détroit agit en sens inverse, car il s'effectua, presque généra-

lement, de haut en bas. La vallée du Wairau, ainsi que certaines parties de la côte adjacente, s'affaissèrent d'environ 1m50, de sorte que la marée monta dans la rivière Wairau jusqu'à plusieurs kilomètres au delà de sa limite ordinaire, et que les vaisseaux qui venaient s'y fournir d'eau douce furent obligés d'aller chercher leur approvisionnement à 4,800 mètres plus haut qu'ils ne le faisaient avant le tremblement de terre.

Lors de ces événements, il ne se manifesta aucune éruption volcanique, pas plus dans l'île du Nord que dans celle du Sud; mais les natifs prétendent que la température des sources thermales Taupo (voy. la petite carte, fig. 101) s'éleva d'une manière sensible, précisément avant la catastrophe.

Je terminerai cette esquisse des changements qui se sont produits dans la Nouvelle Zélande en 1855, en observant qu'il y a lieu de se demander si, dans la région attenant à Port Nicholson, le sol, qui avait d'abord subi un soulèvement de plusieurs décimètres en janvier, ne s'abaissa pas ensuite d'une légère quantité, autrement dit de quelques centimètres, dans l'espace des sept ou huit mois qui suivirent, ou avant septembre 1855. Quand M. Roberts quitta la Nouvelle Zélande, trois mois après le tremblement de terre, il n'y avait pas eu affaissement du sol soulevé, et cet ingénieur est convaincu que le moindre changement de niveau qui fût arrivé n'aurait pu échapper à son observation. Il affirme d'une manière positive que, dix semaines après les secousses, il n'y avait aucune trace d'abaissement sur tous les points de la côte, et les personnes qui crurent, sur cette ligne, à un affaissement partiel furent probablement trompées par les marées qui se montrèrent longtemps si irrégulières à la suite du tremblement de terre. Il est vraiment surprenant de voir avec quelle rapidité s'effacent aux yeux de tous ceux qui ne sont pas des observateurs scientifiques les signes d'un changement récent de niveau qui s'est produit sur une côte, surtout lorsqu'elle

est exposée aux diverses phases de la marée. La surface des rochers mis récemment à découvert change bientôt d'aspect sous l'influence de l'atmosphère, la végétation recouvre le sol émergé, et, dans l'espace de quelques mois, il se forme le long de la mer un nouveau rivage qui présente tous les caractères de l'ancien.

Le géologue a rarement été favorisé d'une occasion meilleure que celle de cette convulsion dans la Nouvelle Zélande pour observer un des nombreux incidents qui finissent par produire, dans le cours des siècles, ces grands déplacements de roches appelés « failles. » D'autre part, le mouvement ascensionnel qui s'est manifesté avec d'autant plus d'intensité qu'il avançait du nord-ouest au sud-est, explique comment chaque secousse a pu successivement occasionner le plongement de plus en plus prononcé des couches dans une direction donnée.

Un ingénieur civil, témoin digne de foi du tremblement de terre de janvier 1855, écrivit à M. Robert Mallet que « le premier choc, qui fut en même temps le plus violent, du 23 de ce mois, dura environ une minute et demie. Toutes les constructions en briques de Wellington furent renversées, et il en fut de même du pont jeté sur la Hutt. Les versants des collines qui regardent Wellington, ceux de la chaine Remutaka, furent considérablement ébranlés, ainsi que le prouvaient les nombreuses places nues qui étaient parsemées sur un bon tiers de leur surface, et d'où les arbres avaient été déracinés. » Les terrains de cette chaine, dit-il, furent éprouvés avec bien plus de violence que le sol de Wellington, et la direction du choc, qui se propagea du nord-est au sud-ouest, suivit celle du développement des collines. Après la secousse, les eaux de la marée montante s'élevèrent à une hauteur inférieure de 0^m90 à 1^m20 à celles qu'elles atteignaient avant la catastrophe (1).

(1) *Report of Brit. Assoc.*, 1858, p. 105.

M. Weld se trouvait dans l'Ile du Sud, lors du tremblement de terre qui eut lieu précédemment en 1848, et il m'apprend qu'il se produisit alors une grande fente dans une chaine de montagnes de 300 à 1,200 mètres de hauteur qui court vers le sud à partir de White Bluff, situé dans Cloudy Bay, et qui peut être regardée comme un prolongement de la chaine Remutaka ou Tararua, dont nous venons de parler (voy. la carte). Cette fissure de 1848 n'avait pas en moyenne une largeur de plus de 45 centimètres, mais elle était remarquable par sa longueur, car elle fut suivie en partie par M. Weld, et en partie par des observateurs dignes de toute confiance, sur une étendue de 96 kilomètres, se dirigeant du nord-nord-est au sud-sud-ouest, suivant une ligne parallèle à l'axe de la chaine.

Syrie, janvier 1837. — On a remarqué que les tremblements de terre se propagent suivant une direction longitudinale. La secousse violente qui ravagea la Syrie, en 1837, fut ressentie sur une ligne de 800 kilomètres de long, et de 144 kilomètres de large (1). Plus de 6,000 personnes périrent, des fissures profondes se produisirent dans des roches solides, et de nouvelles sources chaudes jaillirent à Tabarieh.

Chili. — Valdivia, 1837. — Un des tremblements de terre les plus violents qui, dans le siècle actuel, aient altéré d'une manière permanente la position d'une certaine étendue de terre ferme, est celui que l'on ressentit au Chili le 7 novembre 1837. Ce jour-là Valdivia fut détruite, et un navire baleinier, commandé par le Capitaine Coste, éprouva en mer une forte secousse ; il fut démâté, en vue des côtes, par 43°38' de latitude sud. Le 11 décembre suivant, ce même capitaine se trouvant en un point voisin de l'île de Lemus, dans l'archipel des Chonos, où il avait jeté l'ancre deux ans aupara-

(1) Darwin, *Geol. Proceedings*, vol. II, p. 658.

vant, reconnut que le fond de la mer avait été exhaussé de plus de 2m40. Quelques rochers, autrefois couverts en tous temps par la mer, étaient alors constamment à découvert, et une énorme quantité de coquillages et de poissons en état de décomposition, que les vagues avaient accumulés en cet endroit, ou qui avaient été mis subitement à sec au moment du tremblement de terre, attestaient la date récente de l'événement. Toute la côte était jonchée d'arbres déracinés (1).

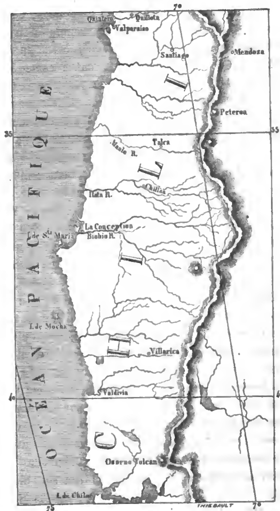
Chili. — La Conception, 1835. — Nous sommes assez heureux pour avoir des détails encore plus circonstanciés sur les changements géographiques qui se sont produits dans la même contrée le 20 février 1835. Un tremblement de terre se fit sentir à cette époque en tous les points compris, sur une étendue de près de 1,600 kilomètres du nord au sud, entre Copiapo et Chiloé, et de l'est à l'ouest, depuis Mendoza jusqu'à Juan Fernandez, sur un espace d'environ 800 kilomètres. « Des vaisseaux, » dit M. Caldeleugh, « naviguant dans la mer Pacifique, à 160 kilomètres de la côte, en ressentirent un choc d'une extrême violence (2). » La Conception, Talcahuano, Chillan et plusieurs autres villes furent renversées. Le récit du Capitaine Fitz-Roy, de la marine royale, qui faisait alors le relèvement de la côte, nous apprend qu'après le choc la mer se retira dans la Baie de La Conception, et que les vaisseaux, ceux même qui se trouvaient par sept brasses d'eau, échouèrent; tous les hauts-fonds devinrent visibles, et, bientôt après, une vague se précipita sur le rivage, mais pour s'en éloigner aussitôt; celle-ci fut suivie de deux autres. La hauteur verticale de ces vagues ne paraît pas avoir dépassé de beaucoup 4m80 ou 6 mètres, quoiqu'elles eussent bien davantage quand elles venaient se briser sur un rivage en pente.

Suivant MM. Caldeleugh et Darwin, toute la chaîne volca-

(1) Dumoulin, *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences*, octobre 1848, p. 706.
(2) *Phil. Trans.*, 1836, p. 21.

nique des Andes Chiliennes, qui s'étend sur une longueur de 240 kilomètres, se montra dans un état d'activité inaccoutu-

Fig. 103.

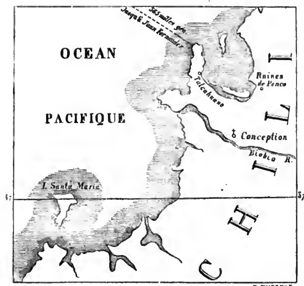


mée au moment des secousses et pendant quelque temps avant et après la convulsion; on vit aussi des laves s'échapper du

cratère d'Osorno (voy. la carte, fig. 103). L'île de Juan Fernandez, distante du Chili de 365 milles géographiques, ressentit au même moment une violente secousse, et fut dévastée par une grande vague. Un volcan sous-marin fit éruption en ce point, près de Bacalao Head, à 1,600 mètres environ du rivage, et à 69 brasses au-dessous de la surface des eaux ; la lueur de ses feux éclaira toute l'île pendant la nuit.

« A La Conception, » dit le Capitaine Fitz Roy, « la terre

Fig. 104.



Partie du Chili ayant subi des changements par suite du tremblement de terre de février 1835.

s'entr'ouvrit et se referma rapidement en plusieurs endroits. » La direction des fentes n'était pas uniforme, quoique généralement elle s'étendit du sud-est au nord-ouest. La terre fut agitée pendant trois jours après la grande secousse, et l'on compta plus de 300 chocs entre le 20 février et le 4 mars. Le sol meuble de la vallée du Biobio fut partout séparé des ro-

ches solides qui bordent la plaine, par une fissure qui pouvait avoir de 25 millimètres à $0^{m}3$ de large.

« Pendant plusieurs jours après le 20 février, » dit le Capitaine Fitz-Roy, « il s'en fallut de $1^{m}20$ à $1^{m}50$, mesurés dans le sens de la verticale, que la mer, à Talcahuano, atteignît les marques qu'elle affleurait ordinairement. En parcourant le rivage, on apercevait partout, même au moment de la haute mer, des lits de moules mortes, de nombreux chitons, des lépas et du varech desséché ; quoique morts, ces animaux et ces plantes adhéraient encore aux rochers sur lesquels ils avaient vécu. » Mais cette différence dans le niveau relatif de la terre ferme et de la mer diminua peu à peu, et, dans le milieu d'avril, l'eau n'était plus qu'à $0^{m}60$ au-dessous de l'ancienne marque des hautes eaux. On pourrait supposer que ces changements de niveau indiquaient simplement une altération momentanée dans le régime des courants ou dans la hauteur des marées à Talcahuano ; mais, en considérant ce qui arriva dans l'île voisine de Santa Maria, le Capitaine Fitz-Roy conclut que la terre ferme avait été élevée de $1^{m}20$ à $1^{m}50$ en février, et qu'elle avait été ramenée en avril à $0^{m}60$ ou $0^{m}90$ seulement de son ancien niveau.

L'île de Santa Maria, dont nous venons de parler, a environ 11,200 mètres de long sur 3,200 mètres de large, et se trouve à 40 kilomètres de La Conception (voyez la carte, fig. 104). Les phénomènes qui y furent observés sont de la plus grande importance. « L'extrémité méridionale de l'île, » dit le Capitaine Fitz-Roy, qui visita Santa Maria deux fois, la première à la fin de mars, et l'autre au commencement d'avril, « me parut avoir été élevée de $2^{m}40$, le milieu de $2^{m}70$, et le point septentrional de 3 mètres. On trouva sur des rochers escarpés, où des mesures verticales pouvaient être prises avec exactitude, des lits de mussels morts à trois mètres audessus de la marque des hautes eaux.

« Un haut-fond rocheux, d'une certaine étendue, entoure

les parties septentrionales de Santa Maria. Avant le tremblement de terre, ce haut-fond était couvert par la mer, et ne laissait apercevoir que quelques rocs saillants ; aujourd'hui il se trouve complétement à nu, et se montre couvert, sur plusieurs milliers de mètres carrés, de coquillages morts qui exhalent une odeur infecte. Par suite de cette élévation du sol, le port méridional de Santa Maria a été complétement détruit, et outre qu'il n'offre plus qu'un abri très-défectueux, son abord est devenu très-difficile. » On a également constaté que la profondeur de la mer voisine avait diminué exactement de la quantité dont la terre ferme s'était élevée, les sondes ayant donné une brasse et demie de moins tout autour de l'île.

A Tubal aussi, au sud-est de Santa Maria, la terre ferme a été exhaussée de 1m80 ; à Mocha, de 0m60 ; mais à Valdivia on n'a pu constater aucune augmentation de hauteur.

Parmi plusieurs autres effets de la catastrophe en question, on rapporte que des bestiaux qui se trouvaient sur une pente escarpée, près du rivage, furent précipités dans la mer, et que d'autres, dans la plaine, furent entraînés par la grande vague et noyés (1).

Au mois de novembre de la même année (1835), un terrible tremblement de terre se fit sentir à La Conception, et, le même jour, le volcan d'Osorno, situé à la distance de 640 kilomètres, reprit son activité. Tous ces faits prouvent non-seulement la corrélation des tremblements de terre avec les éruptions volcaniques dans cette région, mais encore ils font voir sur quelle vaste étendue souterraine la cause perturbatrice agit simultanément.

Ischia, 1828. — Le 2 février, l'île d'Ischia tout entière fut ébranlée par un tremblement de terre, et au mois d'octobre suivant, je trouvai, à Casamicciola, toutes les maisons

(1) Darwin, *Journal de voyages dans l'Amérique du Sud. Voyage du Beagle*, p. 372.

encore sans toits. Sur les côtes d'un ravin, entre cette ville et Forio, je vis des masses de tuf verdâtre qui y avaient été projetées ; et M. Covelli a constaté que la température de la source chaude de Rita, qui se trouvait très-près du centre du mouvement, s'était élevée ; — circonstance qui lui fit conclure que l'explosion avait eu lieu au-dessous des réservoirs qui échauffent les eaux thermales (1).

Bogota, 1827. — Le 16 novembre 1827, la plaine de Bogota, dans la Nouvelle-Grenade, ou Colombie, fut bouleversée par un tremblement de terre, et un grand nombre de villes furent renversées. Des torrents de pluie gonflèrent la Magdalena, et entraînèrent avec eux d'énormes quantités de limon, ainsi que d'autres matières qui émettaient des vapeurs sulfureuses et faisaient périr le poisson. Popayan, située à 200 milles géographiques sud-sud-ouest de Bogota, fut aussi extrêmement maltraitée ; et de larges crevasses que l'on voyait sur la route de Guanacas ne permettaient pas de douter que la chaîne entière des Cordillères n'eût éprouvé un choc violent. D'autres fissures s'ouvrirent près de Costa, dans les plaines de Bogota, où la rivière Tunza se mit à couler immédiatement (2). Des pluies extraordinaires accompagnèrent les secousses dont nous venons de parler, et l'on assure que deux volcans firent éruption dans la chaîne de montagnes la plus rapprochée de Bogota.

Chili, 1822. — Le 19 novembre 1822, la côte du Chili fut éprouvée par un tremblement de terre des plus épouvantables. Le choc fut ressenti simultanément sur une étendue de 2,000 kilomètres du nord au sud. Santiago, Valparaiso et quelques autres localités furent sérieusement maltraitées. Lorsque le matin du jour qui suivit la catastrophe on visita les environs de Valparaiso, on reconnut que la côte, sur un espace considérable, avait été élevée au-dessus de son ancien

(1) *Bibliothèque universelle*, oct. 1828, p. 175.
(2) *Phil. Mag.*, juillet 1828, p. 37.

niveau (1). A Valparaiso, l'exhaussement était de 0m90 et à Quintero de 1m20 environ. Une partie du lit de la mer, dit Mme Graham, restait à sec au moment des hautes eaux, de sorte qu'on y apercevait des bancs d'huitres, des moules et d'autres coquillages adhérant aux rochers sur lesquels ils s'étaient développés; le poisson, dont la totalité avait péri, exhalait des miasmes excessivement pernicieux (2).

Un vieux débris de vaisseau échoué, dont on ne pouvait approcher auparavant, devint accessible de la côte, quoique sa distance de l'ancien rivage fût restée la même. On observa aussi qu'un cours d'eau qui alimentait un moulin, situé à près de 1,600 mètres de la mer, avait gagné 0m35 de chute sur une étendue d'un peu plus de cent mètres; et l'on a conclu de ce fait que l'élévation avait été beaucoup plus considérable dans quelques parties de l'intérieur que sur les bords de l'Océan (3). Une portion de la côte ainsi soulevée était formée de granit, dans lequel se produisirent des fissures parallèles, dont quelques-unes s'étendirent jusqu'à 2,400 mètres dans l'intérieur du pays. Des cônes de terre d'environ 1m20 de hauteur surgirent dans plusieurs districts, par suite du jaillissement d'eau mêlée de sable qui se fit jour à travers des cavités en forme d'entonnoir; — phénomène très-ordinaire dans la Calabre, et dont plus loin nous essayerons de donner l'explication. Au Chili, les maisons dont les fondements reposaient sur le roc furent moins endommagées que celles qui étaient bâties sur le sol alluvial.

J'ai appris de M. Cruickshanks, botaniste Anglais, qui résidait dans le pays au moment du tremblement de terre, qu'à Quintero, plusieurs roches de grunstein, situées à quelques centaines de mètres du rivage, qui avaient toujours été sous l'eau jusqu'à la secousse de 1822, sont, depuis, devenues

(1) *Geol. Trans.*, vol. I, 2e série, et *Journ. of Science*, 1824, vol. XVII, p. 40.
(2) *Geol. Trans.*, vol. I, 2e série, p. 413.
(3) *Journ. of Science*, vol. XVII, p. 42.

visibles quand la marée atteint la moitié de sa course descendante. Le même observateur rapporte qu'après le tremblement de terre, l'opinion générale des pêcheurs et des habitants de la côte du Chili était, *non* que le sol avait été élevé, mais que l'Océan s'était retiré d'une manière permanente.

Un voyageur Prussien, le Docteur Meyen, qui visita Valparaiso en 1831, dit qu'en examinant les rochers situés tant au nord qu'au sud de la ville, neuf ans après l'événement, il trouva, conformément au récit de Mme Graham, que des débris d'animaux et de la plante marine désignée sous le nom de *Lessonia* de M. Bory de Saint-Vincent, et dont la tige est ferme et ligneuse, adhéraient encore aux roches qui, en 1822, avaient été élevées au-dessus de la marque des hautes eaux (1). Suivant le même auteur, toute la côte du Chili Central fut exhaussée d'environ 1^m20, et des bancs de coquilles marines furent mis à sec sur plusieurs parties du rivage. Il observa des bancs semblables, soulevés à des époque inconnues, en plusieurs endroits, et surtout à Copiapo, où toutes les espèces sont analogues à celles qui vivent aujourd'hui dans l'Océan. M. Freyer, qui résida plusieurs années dans l'Amérique du Sud, a confirmé aussi ces diverses observations (2), et M. Darwin a reconnu que les restes d'un ancien mur, autrefois baigné par la mer, et maintenant à 3^m30 au-dessus de la marque des hautes eaux, avaient acquis une grande partie de cette élévation pendant le tremblement de terre de 1822 (3).

Les secousses continuèrent jusqu'à la fin de septembre 1823; à cette époque encore, quarante-huit heures se passaient rarement sans qu'un, et quelquefois deux ou trois chocs ne se fissent sentir dans l'espace de vingt-quatre heures. Mme Graham

(1) *Reise um die Erde*; voir aussi la lettre du Dr Meyen, citée dans la *Foreign Quart. Rev.*, n° 33, p. 13, 1836.
(2) *Geol. Soc. Proceedings*, n° XI, p. 179, février 1835.
(3) *Proceedings Geol. Soc.*, vol. II, p. 447.

a observé, après le tremblement de terre de 1822, qu'indépendamment du rivage nouvellement élevé au-dessus de la marque des hautes eaux, il y avait plusieurs lignes de rivage plus anciennes qui avaient été exhaussées les unes au-dessus des autres ; elles consistaient en galets mêlés de coquilles, et s'étendaient dans une direction parallèle à la côte, jusqu'à la hauteur de 15 mètres au-dessus de la mer (1).

Étendue de la région soulevée. — Quelques observateurs ont supposé que toute la région qui s'étend du pied des Andes jusqu'à une grande distance sous la mer avait été exhaussée en 1822, et que l'élévation maximum avait eu lieu à 3,200 mètres environ du rivage. « Sur la côte, le soulèvement fut de 0^m60 à 1^m20; — à la distance de 1,600 mètres dans l'intérieur des terres, il doit avoir été de 1^m50 à 1^m80, ou même de 2^m10 (2). » Les mêmes témoins du phénomène ont aussi supposé que l'espace sur lequel s'opéra ce changement permanent de niveau pouvait être estimé à 258,989 kimètres carrés. Quoique l'augmentation de la chute de certains cours d'eau suffise, jusqu'à un certain point, pour donner lieu à une telle conjecture, elle doit, néanmoins, être regardée comme très-hypothétique, l'élévation pouvant s'écarter beaucoup, soit en plus, soit en moins, de la vérité. Toutefois, il importe de considérer quelle énorme quantité de changements cette seule convulsion dut occasionner, si réellement l'étendue du pays soulevé fut de 258,989 kilomètres carrés, étendue précisément égale à la moitié de celle de la France, ou aux cinq sixièmes de l'espace que comprend la Grande-Bretagne unie à l'Irlande. Si l'on suppose qu'en moyenne l'élévation n'a été que de 0^m90, on trouve que la masse de roche ainsi ajoutée au continent d'Amérique, ou, en d'autres termes, que la masse qui, avant le tremblement de terre, était au-dessous du niveau des eaux, et qui, après,

(1) *Geol. Trans.*, vol. I, 2e série, p. 415.
(2) *Journ. of Science*, vol. XVII, pp. 40-45.

s'est trouvée d'une manière permanente au-dessus, doit avoir présenté un volume de 237^{kc} 573476; ce qui suffirait pour former une montagne conique de 3,200 mètres de hauteur (à peu près celle de l'Etna), et ayant environ 52,800 mètres de circonférence à sa base. On peut estimer la pesanteur spécifique moyenne de la roche à 2,655, — moyenne assez exacte et fort commode dans de telles évaluations, parce qu'à ce taux le yard cube (0,7645 mètre cube) pèse deux tonneaux. Or, si l'on admet que la grande pyramide d'Égypte, considérée comme une masse pleine, pèse, suivant une estimation qui a été déjà donnée, six millions de tonneaux, on arrive à cette conséquence, que la quantité de roche ajoutée au continent par le tremblement de terre du Chili a surpassé 100,000 pyramides.

Mais on ne doit pas perdre de vue que le poids de la roche dont il est ici question ne formait qu'une partie insignifiante de la résistance totale que les forces volcaniques avaient à surmonter. L'épaisseur de la roche comprise entre la surface du sol, au Chili, et les foyers souterrains de l'action volcanique peut bien être de plusieurs kilomètres ou de plusieurs lieues. Supposons que cette épaisseur soit seulement de 3,200 mètres, alors le volume de la masse qui s'est déplacée et élevée de 0^{m}90 sera encore de 832,000 kilomètres cubes, et, par conséquent, son poids excédera celui de 363 millions de pyramides.

Il serait assez curieux de considérer les rapports qui existent entre ces résultats et ceux qui proviennent d'une source différente, et de comparer l'action de deux forces antagonistes, — le pouvoir de nivellement de l'eau courante, et la force d'expansion de la chaleur souterraine. Combien de temps, pourra-t-on se demander, faudrait-il au Gange, suivant les données déjà fournies, vol. I, p. 631, pour transporter à la mer une quantité de matière solide égale à celle qui peut avoir été ajoutée au continent par le tremblement de terre du Chili?

Le limon que ce fleuve charrie annuellement équivaut au poids de soixante pyramides. Suivant cette proportion, il faudrait quatre siècles (ou 418 ans) pour que le Gange entraînât, du continent dans la mer, une masse égale à celle qui a été produite par le tremblement de terre en question. La moitié de ce laps de temps suffirait peut-être pour que les eaux réunies du Gange et du Burrampooter opérassent un résultat semblable.

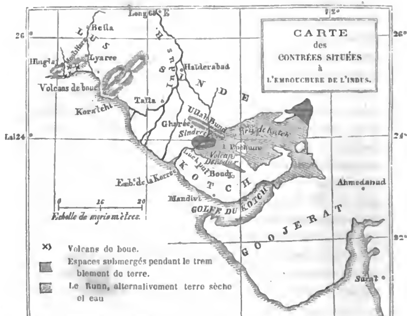
Le Kotch, 1819. — Un tremblement de terre violent se fit sentir au Kotch, dans le delta de l'Indus, le 16 juin 1819, (voy. la carte, fig. 105). Bhooj, la ville principale de cette contrée, fut convertie en un amas de ruines, il n'y resta pas pierre sur pierre. Le mouvement s'étendit sur un espace de 1,609 kilomètres de rayon autour de Bhooj, et se propagea jusqu'à Khatmandoo, Calcutta et Pondichéry (1). Les vibrations se firent sentir dans la partie nord-ouest de l'Inde, à une distance de 1,280 kilomètres de Bhooj, 15 minutes après que le tremblement de terre se fut produit dans cette ville. A Ahmedabad, la grande mosquée érigée par le sultan Ahmed, près de 450 ans auparavant, fut renversée, — circonstance qui prouve quel long intervalle de temps s'était écoulé depuis qu'une secousse aussi violente avait eu lieu en ce point. A Anjar, le fort avec sa tour et ses canons furent aussi renversés et confondus en un seul monceau de ruines. Les secousses continuèrent jusqu'au 20 du même mois ; à cette date, le volcan appelé Denodur, et situé à 48 kilomètres de Bhooj, aurait, suivant quelques-uns, lancé des flammes ; mais il fut impossible au Capitaine Grant, lors de son voyage au Kotch, en 1838, d'établir l'authenticité de cette éruption.

Dépression dans le delta de l'Indus. — Quelque considérables que fussent les ravages exercés dans les villes, l'aspect de la contrée, dans l'intérieur des terres, n'avait pas, dit le Capitaine Macmurdo, subi d'altération sensible. Dans

(1) Voy. *Asiatic Journal*, vol. I.

les collines, il n'y eut que quelques masses de roche et de terre qui furent détachées des précipices ; mais le canal oriental et presque abandonné de l'Indus, qui sert de limite à la province du Kotch, éprouva un changement notable. Cet estuaire, ou petit bras de mer, était, avant le tremblement de terre, guéable à Luckput, n'ayant environ que 0m30 de pro-

Fig. 103.



fondeur à la basse mer, et jamais plus de 1m80 à la haute mer ; mais, après le choc, sa profondeur devint, au fort de Luckput, de plus de 5m40 *au moment des basses eaux* (1). En sondant d'autres parties du canal, on trouva qu'en différents points où l'eau ne s'élevait jamais de plus de 0m30 à 0m60 à la haute mer, sa profondeur était alors de 1m20 à 3 mètres. Par suite de ces changements de niveau et de

(1) Macmurdo, *Ed. Phil. Journ.*, IV, 106.

quelques autres non moins remarquables, une partie de la navigation intérieure de cette contrée, qui avait été interceptée pendant plusieurs siècles, redevint praticable.

Fort et village submergés. — Le même auteur rapporte que le fort et le village de Sindree, situés sur le bras oriental de l'Indus, au-dessus de Luckput, furent inondés, et qu'après le tremblement de terre, on ne voyait plus au-dessus de l'eau que le mur et le sommet des maisons, car celles-ci, quoique submergées, ne furent pas renversées. Si donc elles

Fig. 106.



Fort de Sindree, sur la branche orientale de l'Indus, avant sa submersion par suite du tremblement de terre de 1819, d'après une esquisse du Capitaine Grindlay, faite en 1808 (1).

avaient été situées dans l'intérieur, où tant de forts furent rasés, leur emplacement aurait pu être considéré comme n'ayant pas, comparativement, subi de changement. Cela ne donne-t-il pas à supposer que les grands soulèvements et abaissements permanents du sol peuvent être le résultat de

(1) Je suis redevable à mon ami feu Alexandre Burnes, du dessin ci-joint (*fig.* 106) représentant le fort de Sindree, tel qu'il existait onze ans avant le tremblement de terre.

secousses souterraines, sans que les habitants des lieux où se passent ces événements s'aperçoivent en aucune manière d'un changement de niveau?

Une reconnaissance plus récente du Kotch, faite par M. A. Burnes, qui n'avait eu aucune relation avec le Capitaine Macmurdo, a confirmé les faits ci-dessus mentionnés, et a même permis d'y ajouter plusieurs détails importants (1). Cet officier examina le delta de l'Indus en 1826 et en 1828, et, d'après son rapport, il paraît qu'au moment où, en juin 1819, l'abaissement de Sindree eut lieu, la mer se fit jour à travers la bouche orientale de l'Indus, et en peu d'heures, transforma une étendue de terre de 5,180 kilomètres carrés en une mer intérieure ou lagune. La violence avec laquelle la mer se précipita dans cette nouvelle dépression, pas plus que le mouvement du tremblement de terre, ne parvint à renverser entièrement le petit fort de Sindree; une des quatre tours, celle du nord-ouest, resta debout; et le jour qui suivit les secousses, les personnes qui étaient montées au sommet de cette tour se sauvèrent en bateau (2).

Élévation de l'Ullah Bund. — Immédiatement après le choc, les habitants de Sindree virent, à la distance de 8,850 mètres de leur village, un monticule allongé et assez élevé, en un point où se trouvait auparavant une plaine basse et parfaitement unie (voy. la carte, fig. 105). Ils lui donnèrent le nom de « Ullah Bund » ou « Monticule de Dieu » pour le distinguer de plusieurs môles qui, avant la catastrophe, avaient été élevés sur le bras oriental de l'Indus.

Étendue de la région soulevée. — Il a déjà été établi que cette région nouvellement soulevée a plus de 80 kilomètres de longueur de l'est à l'ouest, dans une direction parallèle à

(1) Ce mémoire se trouve actuellement à la bibliothèque de la Société Royale Asiatique de Londres.

(2) Des rapports directs avec Sir A. Burnes m'ont mis à même d'ajouter plusieurs particularités au récit que j'avais donné de ce tremblement de terre dans la première édition de cet ouvrage.

la ligne d'affaissement dont nous avons déjà parlé, et qui occasionna la submersion des terres voisines de Sindree. L'espace soulevé s'étend depuis l'île Puchum jusque près de Gharee ; sa largeur, du nord au sud, est, à ce que l'on croit, de 25,600 mètres en quelques parties ; et sa hauteur, la plus grande que l'on ait constatée, est de 3 mètres au-dessus du niveau primitif du delta, — élévation qui, à l'œil, paraît être partout uniforme.

Pendant plusieurs années après la commotion de 1819, le cours de l'Indus fut excessivement variable; enfin, en 1826, ce fleuve déversa une masse d'eau considérable dans une de ses branches,— le bras oriental qu'on désigne sous le nom de Phurraun, et qui coule au-dessus de Sindree; puis, continuant sa course en ligne plus directe jusqu'à la mer, il franchit tous les barrages qui avaient été établis dans son canal, et finit par se faire jour à travers « l'Ullah Bund », ce qui donna lieu à une section naturelle. Le capitaine Burnes reconnut, dans les falaises perpendiculaires ainsi mises à découvert, que les terrains soulevés consistaient en argile remplie de coquilles. Le nouveau lit de la rivière avait 5m40 de profondeur et 40 mètres de largeur, à l'endroit où il traversait le « Bund » ; mais, en 1828, il s'agrandit encore. Lorsque l'Indus se fraya ce passage, il déchargea une telle quantité d'eau dans le nouvel étang, ou lagune salée de Sindree, que l'eau y devint douce pendant plusieurs mois ; mais elle avait recouvré sa salure en 1828, époque où le déversement des eaux du fleuve fut moins abondant, et elle finit par devenir plus salée que celle de la mer, circonstance qui, suivant le témoignage que les naturels du pays rendirent à A. Burnes, devait être attribuée aux particules salines dont le « Runn de Kotch » est imprégné.

En 1828, A. Burnes se rendit en bateau aux ruines de Sindree, où une seule tour restait visible au milieu d'une vaste étendue de mer. Le sommet des murs en ruine s'élevait encore de 0m60 à 0m90 au-dessus du niveau des eaux. Placé sur

une de ces ruines, il n'apercevait dans l'horizon rien autre que de l'eau, excepté dans une seule direction, où une bande bleuâtre indiquait vers le nord l'Ullah Bund. Cette scène présente à l'imagination une peinture exacte des révolutions actuellement en voie de s'accomplir à la surface du globe : — un amas d'eau sur un espace où, peu d'années auparavant, tout était terre, et la seule terre visible consistant en un terrain soulevé par un tremblement de terre récent.

Dix ans après le voyage de A. Burnes dont nous venons de parler, mon ami le Capitaine Grant, membre de la Société Géologique des Ingénieurs de Bombay, eut l'obligeance d'envoyer, à ma demande, un géomètre du pays pour relever le plan de Sindree et de l'Ullah Bund, au mois de mars 1838. D'après la description donnée par celui-ci, il paraît que dans cette saison, la plus sèche de l'année, le canal traversant le Bund avait 100 mètres de large ; il était sans eau et se trouvait incrusté de sel. On lui dit que la plus grande quantité d'eau qu'il

Fig. 107.



Le fort de Sindree, vu de l'ouest, en mars 1838.

y eut alors, après les pluies, n'excédait pas 1^m20 à 1^m50. Les bords étaient presque perpendiculaires et avaient 2^m70 de hauteur. La lagune a diminué tant en étendue qu'en profondeur, et à l'époque dont nous parlons, une partie, voisine du fort,

était complétement à sec. Le dessin ci-joint, fait par le Capitaine Grant d'après le plan de l'ingénieur envoyé sur les lieux, représente le fort tel qu'il se montrait au milieu du lac, et vu de l'ouest, en 1838, ou du même point que celui où le Capitaine Grindley en fit l'esquisse (voy. fig. 106) en 1808, avant le tremblement de terre.

Le Runn de Kotch est une région plate, d'un caractère tout particulier, qui n'a pas moins de 18,120 kilomètres de superficie,— étendue plus considérable que celle du Yorkshire, ou égale à l'espace qu'occupe le quart de l'Irlande. Ce n'est ni un désert de sable mouvant, ni un marais, mais c'est évidemment le lit desséché d'une mer intérieure, dont, pendant une grande partie de l'année, le fond est solide et sec. Ce sol est si aride, qu'il n'y croit aucune espèce de végétation et qu'on n'y rencontre, çà et là, que quelques tamarisques. Mais, pendant les moussons, lorsque la mer s'élève plus que de coutume, l'eau salée chassée du golfe de Kotch et des criques de Luckput inonde une grande partie du Runn, surtout après les pluies, quand le sol mouillé permet à l'eau de la mer de se répandre rapidement. Quelques parties du Runn sont aussi sujettes à être parfois inondées par l'eau de rivière, et il est à remarquer que la seule portion qui ait toujours été bien cultivée (celle qu'anciennement on appelait Sayra), se trouve aujourd'hui constamment submergée. La surface du Runn est quelquefois encroûtée d'une couche de sel de près $0^{m}025$ d'épaisseur, par suite de l'évaporation de l'eau de mer. Des iles s'élèvent en quelques points de cette nappe liquide, et les terres qui la bordent forment des baies et des promontoires. Les naturels du pays font différentes versions sur l'ancienne séparation du Kotch et du Sind par un bras de mer, et sur le desséchement du district qu'on appelle le Runn. Mais ces fables, indépendamment du peu de certitude que présente toujours la tradition orale, sont encore obscurcies par des fictions religieuses. La conversion du Runn en terre ferme est

principalement attribuée à l'influence miraculeuse d'un saint Hindou, nommé Damorath (ou Dhoorunnath), qui, avant cet événement, avait fait douze ans pénitence sur le sommet de la colline Denodur. Plusieurs motifs ont porté le Capitaine Grant à supposer que ce saint vivait environ vers le onzième ou douzième siècle de notre ère. Comme preuve du dessèchement du Runn, on indique encore quelques villes situées actuellement assez loin dans l'intérieur des terres, et qu'on prétend avoir été jadis d'anciens ports. De plus, on a toujours dit que des vaisseaux avaient fait naufrage et avaient été engloutis par suite de la grande catastrophe ; et l'eau noire et boueuse qui, en 1819, jaillit de plusieurs fissures, dans cette région, amena une grande quantité de fer forgé et de clous tels que ceux qu'on emploie dans la construction des navires (1). Des cônes de sable, de 1^{m}80 à 2^{m}40 de hauteur, s'élevèrent en même temps sur ce terrain (2).

Nous ne terminerons pas sans faire mention d'un phénomène *moral* qui se trouve lié à cette effroyable catastrophe, et qui nous semble de nature à devoir fixer l'attention des géologues. Il a été constaté par A. Burnes que « ces événements extraordinaires avaient eu lieu sans que les habitants du Kotch s'en fussent aperçus » ; car la région bouleversée, quoique autrefois fertile, avait pendant longtemps été réduite, faute d'irrigation, à un état complet de stérilité, ce qui avait laissé les naturels du pays tout à fait indifférents à son égard. Or, c'est à cette profonde apathie que tous les peuples, excepté ceux qui sont parvenus à un haut degré de civilisation, éprouvent relativement aux événements physiques qui n'ont pas une influence immédiate sur leurs intérêts matériels, que l'on doit attribuer le peu de renseignements historiques que la science possède sur les changements arrivés à la surface de la terre, et qui, ainsi que l'ont prouvé les ob-

(1) Relation du Cap. Burnes.
(2) Mémoire du Cap. Macmurdo. *Ed. Phil. Journ.*, vol. IV, p. 106.

servations modernes, se reproduisent assez fréquemment dans le cours ordinaire de la Nature.

Depuis l'apparition du récit que nous venons de donner, il a été publié une description des changements géographiques plus récents qui ont eu lieu, au mois de juin 1845, dans le district du Kotch, situé près de l'embouchure de la Korée, ou branche orientale de l'Indus. Il paraît que le sol s'est affaissé sur une vaste étendue, et que le lac Sindree a été converti en marais salé (1).

Ile de Sumbawa, 1815. — En avril 1815, une des plus terribles éruptions mentionnées dans l'histoire se manifesta dans l'île de Sumbawa, province du Tomboro (voy. la carte, vol. 1, fig. 59, p. 769), à 320 kil. environ de l'extrémité orientale de Java. L'année précédente, au mois d'avril aussi, le volcan s'était trouvé dans un état d'activité extraordinaire, comme le prouvaient les cendres qui tombèrent sur le pont des vaisseaux naviguant au delà de la côte (2). L'éruption de 1815 commença le 5 avril ; le 11, elle atteignit son maximum de violence qui se soutint le 12, et elle ne cessa entièrement que vers le mois de juillet. Le bruit des explosions se fit entendre jusqu'à Sumatra, c'est-à-dire à la distance de 970 milles géographiques en ligne droite, et jusqu'à Ternate, à 720 milles, dans une direction opposée. Dans la province de Tomboro, sur une population de 12,000 individus, 26 seulement échappèrent à la mort. Des tourbillons impétueux enlevèrent des hommes, des chevaux, du bétail, et tout ce qui se rencontra sur leur passage ; ils déracinèrent les plus grands arbres, et couvrirent la mer de bois de construction que l'on voyait flotter à sa surface (3). De grandes étendues de terre furent inondées de lave, dont plusieurs courants, s'échappant du cratère de la montagne de Tomboro, atteignirent la mer. La pluie

(1) *Quart. Géol. Journ.*, vol. II, p. 103.
(2) Manuscrit de J. Crawfurd, Esq.
(3) *L'île de Java*, par Raffles, vol. I, p. 28.

de cendres était si considérable qu'elle fit irruption, à 64 kilomètres, dans la maison du Résident de Bima, et la rendit inhabitable, ainsi que plusieurs autres dans la même ville. Du côté de Java, les cendres furent transportées jusqu'à la distance de 480 kilomètres, et à celle de 347 kilomètres dans la direction de Célèbes, en quantité suffisante pour obscurcir l'air. Celles que l'on voyait flotter à l'ouest de Sumatra formaient, le 12 avril, une masse de 0^{m}60 d'épaisseur et de plusieurs kilomètres d'étendue, à travers laquelle les vaisseaux ne se frayaient que très-difficilement un passage.

L'obscurité produite dans le jour, à Java, par les cendres, était si profonde, que celle qui règne dans les nuits les plus sombres ne pouvait lui être comparée. Quoique cette poussière volcanique ne fût, au moment où elle tombait, qu'une poudre impalpable, elle acquit, par la compression, un poids si considérable, que 57 centilitres de cette substance pesaient 361 grammes. « Une partie des molécules les plus fines », dit M. Crawfurd, « fut transportée jusqu'aux îles d'Amboyna et de Banda, bien que cette dernière soit à près de 1,280 kilomètres à l'est de l'emplacement du volcan, et quoique la mousson sud-est y régnât alors au plus haut degré. » Il faut donc admettre que ces cendres furent projetées dans les régions supérieures de l'atmosphère, où dominait un contre-courant.

Sur la côte de Sumbawa et au bord des îles adjacentes, la mer s'éleva subitement jusqu'à la hauteur de 0^{m}60 à 3^{m}60, par suite d'une grande vague qui, après s'être élancée dans l'estuaire, s'en retira aussitôt. Quoique, à Bima, le vent restât calme pendant toute la durée du phénomène, la mer se précipita sur le rivage, et remplit de 0^{m}30 d'eau les parties inférieures des maisons. Tous les bateaux, grands et petits, furent arrachés de leur ancrage et poussés sur le rivage.

La ville de Tomboro, située dans la partie occidentale de Sumbawa, fut inondée par la mer, qui empiéta sur le rivage,

à tel point qu'il resta 5m50 d'eau sur des parties qui, auparavant, étaient à découvert. Nous remarquerons ici que la dépression du sol fut sensible, malgré la présence des cendres qui devaient naturellement étendre les limites de la côte.

Les bruits sourds et les divers autres phénomènes volcaniques, résultant de cette éruption, se produisirent sur une étendue de 1,609 kilomètres de diamètre, ayant Sumbawa pour centre. Cet espace comprenait toutes les Iles Moluques, Java, une grande partie de Célèbes, Sumatra et Bornéo. Dans l'île d'Amboyna, pendant le même mois de la même année, le sol s'ouvrit, vomit de l'eau, puis se referma (1).

En terminant, je rappellerai au lecteur que, sans un incident heureux pour la science, sans la présence de Sir Stamford Raffles à Java, dont il était gouverneur, on aurait à peine entendu parler en Europe de cette catastrophe. Il invita tous les Résidents des divers districts soumis à son autorité à lui envoyer un état détaillé des circonstances qui étaient parvenues à leur connaissance ; mais, quelque précieuses que puissent être ces communications, elles sont plus souvent de nature à exciter la curiosité du géologue qu'à la satisfaire. Il y est fait mention de phénomènes semblables, mais moins intenses, qui, environ sept ans auparavant, avaient accompagné une éruption du Carang Assam, volcan de l'île de Bali, située à l'ouest de Sumbawa ; malheureusement, aucun détail de cette grande catastrophe n'a été enregistré (2).

Caracas, 1812. — Le 26 mars 1812, plusieurs violentes secousses de tremblement de terre se firent sentir à Caracas. La surface de la région éprouvait des ondulations comme un liquide en ébullition, et des sons effrayants étaient entendus qui se produisaient sous terre. Toute la ville et ses splendides églises furent, en un instant, réduites en un monceau de ruines, sous lesquelles 10,000 habitants se trouvèrent ensevelis. Le

(1) Raffles, *Histoire de Java*, Vol. I, p. 25. — *Ed. Phil. Journ.*, vol. III, p. 389.
(2) *Vie et services de Sir Stamford Raffles*, p. 241. Londres, 1830.

5 avril, d'énormes roches se détachèrent des montagnes. On supposa que le mont Silla avait perdu de 90 à 110 mètres de sa hauteur, mais cette opinion ne reposait sur aucune mesure précise. Le 27 avril, le volcan de Saint-Vincent vomit des cendres ; et le 30, un courant de lave jaillit de son cratère et coula dans la mer. Les explosions s'entendirent à une distance égale à celle qui sépare le Vésuve de la Suisse, le son se trouvant transmis, ainsi que l'a supposé Humboldt, à travers le sol. Pendant le tremblement de terre qui détruisit Caracas, une immense quantité d'eau jaillit à Valecillo, près de Valencia, ainsi qu'à Porto Caballo, par des ouvertures produites dans la terre, et les eaux du lac Maracaybo baissèrent de niveau. D'après les observations de Humboldt, les Cordillières, composées de gneiss et de micaschiste, furent, ainsi que la région située immédiatement à leur base, plus fortement ébranlées que les plaines (1).

Caroline du Sud et New Madrid, Missouri, 1811-12.— Avant la destruction de La Guayra et de Caracas, en 1812, la Caroline du Sud fut bouleversée par des tremblements de terre dont les secousses continuèrent jusqu'à ce que ces villes fussent détruites. La vallée du Mississipi, depuis le village de New Madrid jusqu'à l'embouchure de l'Ohio, d'une part, et jusqu'au Saint-François, de l'autre, fut aussi bouleversée au point de former de nouveaux lacs et de nouvelles îles. De Humboldt a fait remarquer, dans son *Cosmos*, que le tremblement de terre de New Madrid offre un des rares exemples connus de commotions incessantes qui se soient produites, pendant plusieurs mois successifs, dans une région *éloignée de tout volcan*. Flint, le géographe, qui visita le pays sept ans après l'événement, nous apprend que, dans le voisinage de la Petite-Prairie, un espace de plusieurs kilomètres fut couvert de 0m90 à 1m20 d'eau, et que, lorsque cette eau se retira, elle fut rem-

(1) Humboldt. *Relat. Hist.*, vol. IV, p. 12, — et *Ed. Phil. Journ.*, vol. I, p. 272, 1819.

placée par une couche de sable. De grands lacs de 32 kilomètres d'étendue se trouvèrent formés en une heure, et d'autres furent desséchés. Le cimetière de New Madrid fut entraîné dans le lit du Mississipi, et il est constaté que le sol sur lequel la ville est bâtie, et le bord de la rivière, sur une étendue d'environ 24 kilomètres, s'abaissèrent de 2^{m}40 au-dessous de leur ancien niveau (1). La forêt voisine offrit, pendant plusieurs années, « une étrange scène de confusion, les arbres étant inclinés dans tous les sens, et plusieurs d'entre eux ayant leurs branches et leurs troncs brisés (2). »

Les habitants rapportent que la terre s'élevait en formant de grandes ondulations, et que, lorsque celles-ci atteignaient une certaine hauteur, vraiment effrayante, le sol s'ouvrait, et d'énormes quantités d'eau, de sable et de charbon de terre étaient projetées aussi haut que le sommet des grands arbres. Flint vit encore, sept ans après la catastrophe, dans un terrain d'alluvion, plusieurs centaines de ces profondes crevasses. Les secousses n'ayant cessé de se produire pendant une durée de trois mois, les habitants du pays eurent le temps de remarquer que, dans leur district, les fissures se formaient de préférence suivant certaines directions; et, comme ils étaient tous habitués au maniement de la hache, ils se mirent à abattre les plus grands arbres, en les faisant tomber à angles droits par rapport à la direction des crevasses qui couraient ordinairement de l'ouest au nord-est; puis ils se placèrent en dessus de ces arbres, et, de cette façon, échappèrent souvent au danger d'être engloutis quand la terre se rouvrait sous eux. A un certain moment de ce tremblement de terre, le sol, dans le voisinage de New Madrid, se souleva au point d'intercepter le cours du Mississipi, et d'y occasionner un reflux momentané. Le mouvement des secousses était tantôt horizontal et

(1) *Cramer's Navigator* (*Le Navigateur*, par Cramer), p. 243, Pittsburg, 1821.
(2) *Long's Exped. to the Rocky Mountains* (Expédition de Long aux Montagnes Rocheuses), vol. III, p. 184.

tantôt vertical ; mais les effets de ce dernier étaient, dit-on, bien moins terribles que ceux du mouvement horizontal.

Le récit ci-dessus n'est que la réimpression exacte de celui que j'avais donné dans les éditions antérieures de cet ouvrage, d'après les autorités que j'ai citées ; mais ayant eu plus récemment (mars 1846) l'occasion de visiter moi-même la région bouleversée du Mississipi, et de converser avec plusieurs témoins oculaires de la catastrophe, je suis à même de confirmer la vérité de ces renseignements, et d'y ajouter quelques remarques sur la physionomie et les traits actuels du district. Je suivis les bords, ainsi que je l'ai déjà dit, vol. 1, p. 598, d'une partie du territoire située immédiatement à l'ouest de New Madrid, connue sous le nom de « Sunk Country » (Contrée enfoncée), et qui, pour la première fois, fut submergée d'une manière permanente pendant le tremblement de terre de 1811-12. Elle s'étend, dit-on, le long de White Water et de ses tributaires, sur un espace de 112 à 128 kilomètres du nord au sud, et de 48 kilomètres de l'est à l'ouest. J'aperçus sur les confins de cette région, une certaine quantité de grands arbres, encore debout et dépourvus de feuilles, dont les pieds baignaient dans une eau profonde de plusieurs décimètres ; mais ceux que j'y vis couchés étaient en bien plus grand nombre. Une forte végétation de plantes aquatiques commence déjà de couvrir les parties les plus hautes, et le sédiment qu'entrainent les inondations accidentelles, occasionnées par les crues extraordinaires du Mississipi, contribue à transformer la lisière de la région abaissée en terrains marécageux et boisés. J'observai que, même en plusieurs points de la zone sèche qui longe les bords de la région submergée, tous les arbres de date antérieure à 1811 étaient morts et dépouillés de leurs feuilles ; on suppose qu'ils périrent par suite de l'arrachement de leurs racines, produit par les ondulations répétées que subit le sol pendant trois mois consécutifs.

M. Bringier, ingénieur expérimenté de la Nouvelle-Orléans,

qui se trouvait à cheval dans les environs de New Madrid au moment des plus fortes secousses, me rapporta, en 1846, que « les arbres se courbaient à mesure qu'avançaient les ondulations ; et que lorsque, l'instant d'après, ils venaient à reprendre leur position naturelle, ils rencontraient souvent d'autres arbres pareillement inclinés, dont ils accrochaient les branches et qui, par suite, ne pouvaient plus eux-mêmes se redresser. Le passage du mouvement ondulatoire fut marqué dans les bois par l'effroyable craquement d'un nombre considérable de grosses branches, qui se fit entendre successivement de tous les côtés. En même temps, d'énormes jets d'eau, mêlée de sable, de boue et de fragments de matière charbonneuse, jaillirent du sol et mirent en danger la vie du cheval et de son cavalier. »

Curieux de savoir s'il restait quelques vestiges de ces fontaines de boue et d'eau, j'examinai avec soin plusieurs enfoncements, « sink holes », comme on les appelle, qui se trouvent entre New Madrid et Petite-Prairie. Ils consistent en cavités de 10 à 30 mètres de large, et de 6 mètres au plus de profondeur, et sont très-faciles à distinguer, parce qu'ils interrompent la surface unie d'une plaine plate d'alluvion. Autour de leurs bords je remarquai du sable en abondance, et des habitants du pays me dirent avoir vu cette matière s'élancer de ces trous profonds, avec du bois décomposé et du schiste bitumineux noirâtre, qui avait été probablement entraîné, à quelque ancienne époque, dans le canal principal du Mississipi, des terrains houillers situés plus loin vers le nord. J'observai encore dans le sol de nombreuses crevasses laissées par le tremblement de terre ; quelques-unes avaient encore plusieurs décimètres de large et un ou deux mètres de profondeur, quoique l'action des pluies, de la gelée et des inondations accidentelles, et surtout l'immense quantité de feuilles d'arbres que, chaque automne, le vent porte dans leur intérieur, eussent beaucoup fait pour les combler. Je mesurai la

direction de quelques-unes des fissures, qui dévient ordinairement de 10° à 45° de l'ouest au nord, et sont souvent parallèles entre elles ; je reconnus, en définitive, que cette direction présente beaucoup de diversité. La plupart de ces crevasses peuvent être suivies sur une distance de plus de 800 mètres et au delà, mais on risquerait fort de les prendre pour des saignées artificielles, si les colons, établis dans le pays, n'étaient là pour assurer qu'ils se souviennent parfaitement de les avoir vues « aussi profondes que des puits. » Des fragments de schiste charbonneux, mêlés à du sable blanc, sont répandus sur les bords de quelques-unes de ces fissures béantes, de la même manière qu'autour des « Sink holes (1). »

Parmi les divers autres témoignages des changements qui s'opérèrent dans cette région, en 1811-12, j'explorai, aux environs de New Madrid, le lit d'un lac appelé Eulalie, de 300 mètres de long sur 100 mètres de large, et qui se trouva subitement mis à sec lors du tremblement de terre. Les fissures parallèles, par lesquelles l'eau s'échappa, n'étaient pas encore entièrement fermées, et tous les arbres qui poussaient dans le fond du lac avaient moins de 34 ans, au moment de ma visite. On y voyait des cotonniers, des saules, des caroubiers et autres espèces toutes différentes de celles qui revêtent les terrains environnants, plus élevés de 3m60 à 4m50, et sur lesquels on distinguait le noyer, le chêne blanc et le chêne noir, le gommier et autres arbres, pour la plupart d'ancienne date.

Réflexions sur les tremblements de terre du dix-neuvième siècle. — Nous voici maintenant arrivés aux événements qui ont eu lieu dans le dix-huitième siècle ; mais, avant d'abandonner ceux dont nous nous sommes déjà occupés, arrêtons-nous un moment et examinons combien de faits remarquables, sous le rapport géologique, ont été fournis par les

(1) Lyell. *Second voyage aux États-Unis*, vol. II, chap. XXXIII.

tremblements de terre précédemment décrits, bien que ceux-ci ne constituent qu'une faible partie des convulsions qui ont eu lieu dans la seule moitié d'un siècle. De nouvelles masses de rochers sont sorties des eaux ; des sources chaudes qui n'existaient pas ont jailli, et d'autres, plus anciennes, ont eu leur température changée. Dans la Nouvelle Zélande, une vaste étendue de terre a été soulevée de 0m30 à 2m70 au-dessus de son ancien niveau, tandis qu'une autre région contiguë s'affaissait de plusieurs décimètres, et qu'il se produisait, dans le même archipel, sur une étendue de près de 160 kilomètres de long, une faille ou déplacement de roches d'environ 2m70 de hauteur verticale. La côte du Chili a été trois fois soulevée d'une manière permanente ; un espace considérable a subi une dépression dans le delta de l'Indus, et plusieurs des canaux peu profonds qui le sillonnaient sont devenus navigables ; une partie voisine du même district, embrassant une étendue de plus de 80 kilomètres de longueur sur 25,600 mètres de largeur, a été exhaussée d'environ 3 mètres au-dessus de son ancien niveau ; la ville de Tomboro a été submergée, et 12,000 habitants de Sumbawa ont péri. Cependant, en présence de ces terribles catastrophes, et de bien d'autres dont la génération actuelle a été témoin en si peu de temps, le géologue osera-t-il affirmer avec une entière assurance que la terre est enfin arrivée à l'état de repos ? Continuera-t-il à soutenir que les changements de niveau relatif de la terre et de la mer, si fréquents dans les premiers âges du monde, ont cessé actuellement de se manifester ? Si, à la vue de faits si frappants, il persiste à maintenir cette doctrine favorite, en vain essayerait-on de vaincre son obstination, en accumulant les preuves de toutes les convulsions semblables qui se sont produites pendant une longue série de siècles antérieurs :

Si fractus illabatur orbis,
Impavidum ferient ruinæ.

CHAPITRE XXIX

Tremblements de terre du dix-huitième siècle. — Quito, 1797. — Sicile, 1790. — Calabre, 5 février 1783. — Continuation des secousses jusqu'à la fin de l'année 1786. — Autorités citées au sujet de cet événement. — Étendue de la région bouleversée. — Structure géologique du district. — Déplacement des pierres de deux obélisques. — Projection dans l'air de masses détachées. — Difficulté de déterminer les changements de niveau. — Affaissement du quai à Messine. — Faille dans la tour ronde de Terranuova.—Ouverture et fermeture des fissures.— Engloutissement de vastes édifices. — Dimensions de cavernes et de fissures nouvelles. — Oblitération graduelle des crevasses. — Dérangement du cours des rivières. — Glissements de terrains. — Édifices entiers transportés à de grandes distances. — Lacs nouveaux. — Cavités en forme d'entonnoir dans les plaines d'alluvion. — Courants de boue. — Chute de falaises, et inondation du rivage près de Scilla. — État du Stromboli et de l'Etna pendant les secousses. — Origine et mode de propagation du mouvement ondulatoire dans un tremblement de terre. — Profondeur de la cause souterraine du mouvement. — Nombre des personnes qui ont péri lors du tremblement de terre de 1783. — Dernières remarques et conclusions.

Les tremblements de terre du dix-huitième siècle que nous allons considérer sont si nombreux qu'il n'est possible d'en mentionner que quelques-uns. Je choisirai donc ceux qui me paraissent le plus propres à illustrer les changements géologiques, traitant d'abord des événements les plus modernes, et puis rétrospectivement des plus anciens, conformément au plan suivi dans le dernier chapitre pour des raisons déjà expliquées.

Quito, 1797. — La convulsion qui se fit sentir à Quito, en 1797, est remarquable par l'étendue de la région ébranlée, par les altérations que subit le cours de la rivière, et surtout par les flots de « moya » ou boue fétide qui sortirent du cratère volcanique de Tunguragua (1).

Caracas, 1790. — Pendant le tremblement de terre qui eut lieu en 1790, à Caracas, le sol granitique sur lequel se trouve la forêt d'Aripao, s'enfonça, dit-on, en donnant naissance à un

(1) Cavanilles, *Journal de Physique*, t. XLIX, p. 230.—*Annales de Gilbert*, cah. VI. — Voy. *De Humboldt*, p. 317.

lac de 800 mètres de diamètre, et de 24 à 30 mètres de profondeur. Les arbres restèrent verts pendant plusieurs mois sous l'eau.

Sicile, 1790. — Ferrara nous apprend que, la même année (1790), à Santa Maria di Niscemi, en Sicile, à quelques kilomètres de Terranuova, près de la côte méridionale, le sol s'affaissa sur une étendue d'environ 4,800 mètres de circonférence, pendant les sept secousses de tremblement de terre qui se firent sentir; et que la dépression qui, en un certain point, fut de 9 mètres, continua de se produire tout un mois. Plusieurs fissures rejetèrent du soufre, du pétrole, de la vapeur d'eau et de l'eau chaude, et l'une d'elles fournit même un courant de boue. Ces phénomènes se passèrent loin de la région qui comprend, en Sicile, les volcans tant anciens que modernes, dans un groupe de strates formées principalement d'argile bleue (1).

Java, 1786. — Pendant un tremblement de terre qui se produisit en 1786, à Batur, dans l'île de Java, et qui fut suivi d'une éruption volcanique, la rivière Dotog s'engouffra dans une des crevasses nouvellement formées, et continua, après les secousses, à suivre un cours souterrain. Ce fait, relaté par les auteurs contemporains, fut, plus tard, vérifié par le Docteur Horsfield.

TREMBLEMENT DE TERRE EN CALABRE, 1783.

De tous les tremblements de terre du dernier siècle, celui que l'on ressentit en 1783, dans la Calabre, est à peu près le seul dont on ait un récit assez circonstancié pour mettre le géologue complétement à portée d'apprécier les changements de la croûte terrestre que la répétition de semblables événements peut produire dans le cours des siècles. Les secousses commencèrent en février 1783, durèrent près de quatre ans et

(1) Ferrara, *Campi Fleg.*, p. 51

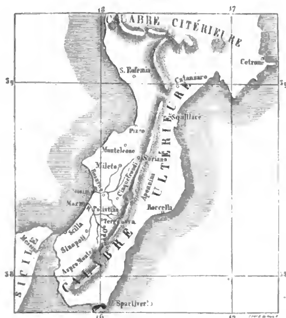
ne cessèrent qu'à la fin de 1786. Comparée avec plusieurs autres événements du même genre arrivés dans d'autres contrées, soit pendant le dernier siècle, soit dans le cours du siècle actuel, cette catastrophe n'offre rien de remarquable sous le rapport de la durée, de la violence ou de l'étendue du pays sur laquelle elle se manifesta. Les changements qu'elle occasionna dans les niveaux relatifs des montagnes et des vallées, de la terre ferme et de la mer, ne furent pas non plus aussi considérables que ceux auxquels donnèrent lieu, plus tard, quelques mouvements souterrains dans l'Amérique du Sud. L'importance du tremblement de terre en question tient surtout à ce que la Calabre est le seul point qui, jusqu'ici, ait été visité pendant et après les commotions par des hommes ayant le loisir, le zèle et les connaissances scientifiques suffisantes pour recueillir et décrire avec exactitude les faits physiques qui peuvent répandre quelque lumière sur les questions géologiques.

Autorités d'après lesquelles les faits relatifs au tremblement de la Calabre ont été établis. — Parmi ces nombreuses autorités, nous citerons Vivenzio, médecin du roi de Naples, qui transmit à la cour un état exact de ses observations pendant la durée des secousses, et dont le récit est fait avec ordre et clarté (1) ; — Francesco Antonio Grimaldi, alors secrétaire de la guerre, qui visita, d'après l'ordre du roi, les différentes provinces, et publia une description détaillée des changements permanents survenus à la surface du sol (2). — Il mesura la longueur, la largeur et la profondeur des diverses fissures et des gouffres qui s'ouvrirent, et en détermina le nombre dans plusieurs provinces ; ses commentaires sur les récits des habitants et les explications qu'il en donne, sont aussi judicieux qu'instructifs ; — Pignataro, médecin résidant à Monteleone, ville située au centre même des convulsions ; il enregistra tou-

(1) *Istoria de' Tremuoti della Calabria del* 1783.
(2) *Descriz. de' Tremuoti Acad. nelle Calabria nel* 1783; Napoli. 1784.

tes les secousses et les divisa en quatre classes, suivant leur degré de violence. D'après son ouvrage, il paraît qu'en 1783 il y en eut 949, dont 501 du premier degré de force ; et l'an-

Fig. 108.



Carte de la partie de la Calabre qui ressentit le tremblement de terre de 1783.

née suivante, 151, sur lesquelles 98 appartenaient à cette même catégorie.

Le comte Ippolito et plusieurs autres observateurs publièrent aussi des descriptions du tremblement de terre ; mais l'Académie Royale de Naples, non contente de ces observations et de quelques autres, envoya en Calabre, avant que les secousses eussent cessé, une députation composée de plusieurs de ses membres, à laquelle avaient été adjoints des artistes habiles, chargés de reproduire par le dessin les changements physiques du district, et l'état des villes et des édifices détruits. Malheureusement ces artistes ne réussirent pas très-bien à représen-

ter la situation de la contrée, surtout lorsqu'ils essayèrent de rendre, sur une grande échelle, les révolutions extraordinaires que plusieurs des grands et des petits cours d'eau avaient subies. Néanmoins, quelques-unes des planches publiées par l'Académie ont une certaine valeur ; et comme elles sont peu connues, j'y aurai souvent recours pour expliquer les faits qui vont être décrits (1).

Indépendamment des informations fournies par les autorités Napolitaines, un Anglais, sir William Hamilton, explora le pays, non sans quelque danger, avant la fin des secousses ; son récit, publié dans les *Transactions Philosophiques*, donne un grand nombre de faits qui, sans cet observateur, eussent été sans doute perdus. Il a expliqué, d'une manière rationnelle, plusieurs événements qui, racontés dans le langage de quelques témoins oculaires, semblaient merveilleux et incroyables. Dolomieu aussi visita la Calabre pendant la catastrophe, et donna une description du tremblement de terre, où il rectifia une erreur dans laquelle Hamilton était tombé, en supposant qu'une partie de la région ébranlée consistait en tuf volcanique. Il est une circonstance qui augmente vraiment l'intérêt géologique des commotions qui modifient si souvent la surface de la Calabre ; c'est qu'elles sont limitées à une région qui ne renferme aucune roche ancienne ou moderne, d'origine volcanique ou trappéenne, de sorte qu'à quelque époque future, lorsque le temps de ces bouleversements sera passé, la cause des anciennes révolutions y sera aussi cachée que dans certaines parties de la Grande-Bretagne exclusivement occupées aujourd'hui par d'anciennes formations marines.

Étendue de la région bouleversée. — La révolution qui se manifesta sur la terre ferme, dans la mer et dans l'atmosphère, s'étendit sur toute la Calabre Ultérieure, sur la partie sud-est de la Calabre Citérieure, et au delà de la mer jusqu'à Messine

(1) *Istoria de' Fenomeni del Tremoto, etc., nell' an.* 1783, *posta in luce dalla Real. Acad., etc., di Nap.* : Napoli, 1783, fol.

et ses environs ; — région située entre les 38me et 39me degrés de latitude. La commotion se fit sentir dans une grande partie de la Sicile, et vers le nord, jusqu'à Naples ; mais l'étendue de la surface sur laquelle les secousses agirent avec assez de force pour exciter une vive alarme n'excéda pas, en général, 1,295 kilomètres carrés. Le sol de cette partie de la Calabre se compose principalement, comme la partie méridionale de la Sicile, de couches argileuses de grande épaisseur, renfermant des coquilles marines ; cette argile est quelquefois associée avec des lits de sable et de calcaire. La plupart de ces formations ressemblent, par leur aspect et leur consistance, aux marnes subapennines avec leur accompagnement de sable et de grès ; et le groupe entier offre, sous le rapport de la nature peu résistante de ses matériaux, une très-grande analogie avec la plupart des dépôts tertiaires de la France et de l'Angleterre. Toutefois, considérées sous le point de vue chronologique, les formations de la Calabre sont, comparativement, d'une origine moderne, et abondent souvent en coquilles fossiles se rapportant aux espèces qui vivent actuellement dans la Méditerranée.

Vivenzio nous apprend que, le 20 et le 26 mars 1783, des tremblements de terre eurent lieu dans les îles de Zante, de Céphalonie et de Sainte-Maure ; que, dans cette dernière île, quelques édifices publics et plusieurs maisons particulières furent renversées, et qu'il y périt un grand nombre de personnes.

Si l'on prend comme centre la ville d'Oppido, dans la Calabre Ultérieure, et que de ce centre on trace un cercle ayant un rayon de 35,200 mètres, l'espace ainsi limité comprendra la surface du pays qui éprouva la plus grande altération, et où toutes les villes et tous les villages furent détruits. Le premier choc, celui du 5 février 1783, renversa, en deux minutes, la plus grande partie des maisons dans toutes les cités, villes et villages compris entre les flancs occidentaux des Apennins, dans

la Calabre Ultérieure, et Messine, en Sicile, et bouleversa toute la surface de la contrée. Un autre choc, presque aussi violent, se fit sentir le 28 mars. La chaîne granitique qui traverse la Calabre du nord au sud, et qui atteint une hauteur de plusieurs centaines de mètres, ne fut que légèrement ébranlée par la première secousse; mais elle le fut bien plus rudement par quelques-unes de celles qui suivirent.

Certains auteurs ont prétendu que les mouvements, analogues à la houle de la mer, qui se propageaient de l'ouest à l'est à travers les strates récentes, devenaient très-violents au point de jonction de ces strates avec le granit, comme s'il s'opérait une réaction à l'endroit où le mouvement ondulatoire des couches tendres était subitement arrêté par les roches plus dures. Mais l'assertion de Dolomieu, sur ce sujet, est d'un grand intérêt, et c'est peut-être, au point de vue géologique, la plus importante de toutes les observations qui aient été faites (1). Les Apennins, dit-il, dont une grande partie consiste en granit dur et solide, avec quelques schistes micacés et argileux, forment des montagnes nues à pentes escarpées, et offrent de fortes traces de dégradation. A leur base, on voit des couches plus récentes de sable et d'argile mêlés de coquilles, dépôt marin contenant des matériaux analogues à ceux qui résulteraient de la décomposition du granit. La surface de cette formation récente (*tertiaire*) constitue ce qu'on appelle la plaine de la Calabre. C'est un plateau uni et plat, excepté dans les points intersectés par d'étroites vallées ou par des ravins, que les rivières et les torrents ont creusés, quelquefois jusqu'à la profondeur de 180 mètres. Les flancs de ces ravins sont presque perpendiculaires; car la couche supérieure, étant en quelque sorte cimentée par des racines d'arbres, empêche toute pente de se produire. L'effet ordinaire du tremblement de terre, continue le même auteur, était de disjoindre toutes celles de

(1) Dissertation on *the Calabrian Earthquake*, etc., traduite dans les *Voyages de Pinkerton*, vol. V.

ces masses dont la base n'était point en rapport avec le volume, ou qui ne se trouvaient soutenues que d'un côté. Il suit de là que, sur toute la longueur de la chaîne, le sol qui adhérait au granit, à la base des montagnes Caulone, Esope, Sagra et Aspramonte, glissa sur le noyau solide à pente escarpée et descendit un peu plus bas, laissant, presque sans interruption, depuis Saint-Georges jusqu'au delà de Santa Christina, — distance de 15 à 16 kilomètres, — une solution de continuité entre le noyau granitique solide et le sol sablonneux. Plusieurs portions de terre, en glissant ainsi, furent transportées à une distance considérable de leurs anciens emplacements et en recouvrirent d'autres entièrement ; ce qui donna lieu à des contestations pour savoir à qui devait appartenir la propriété qui avait ainsi changé de place.

D'après le récit de Dolomieu, on peut prévoir comme devant résulter de la continuation de pareils tremblements de terre : 1° la production d'une vallée longitudinale suivant la ligne de jonction des roches anciennes et des nouvelles ; 2° un dérangement plus considérable dans les strates nouvelles près du point de contact qu'à une plus grande distance des montagnes ; — phénomènes très-fréquents dans d'autres parties de l'Italie à la jonction des formations Apennines et Subapennines.

M. Mallet, dans son remarquable essai sur la Dynamique des Tremblements de terre (1), explique de la manière suivante le fait sur lequel Dolomieu avait appelé l'attention. Lorsqu'une ondulation de compression élastique, qu'il considère comme constituant la vague terrestre, vient à passer brusquement d'un milieu très-peu élastique, tel que l'argile et le gravier, dans un autre comme le granit qui jouit d'une très-grande élasticité, cette ondulation change non-seulement de vitesse, mais encore de direction, — une partie

(1) *Proceed. Roy. Irish Acad.* 1846, p. 26.

du mouvement se trouvant réfléchie et l'autre réfractée. Ainsi refoulée en arrière, l'ondulation produit un nouveau choc en sens opposé, et cause, par ce retour sur elle-même, des dommages considérables aux édifices placés à la surface. Enfin il arrive que les chocs s'amortissent tout d'un coup, lorsqu'ils viennent à rencontrer les matériaux plus élastiques des montagnes granitiques.

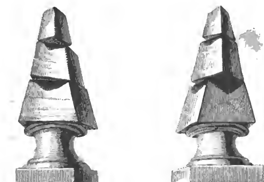
Pendant le tremblement de terre de la Calabre, la surface du pays se soulevait souvent comme les flots d'une mer agitée, ce qui occasionnait un malaise analogue au mal de mer. On a beaucoup insisté, dans presque tous les récits, sur ce qu'immédiatement avant chaque secousse les nuages paraissaient immobiles; et quoique l'on n'ait donné aucune explication de ce phénomène, il paraît être évidemment le même que celui qu'on observe en mer sur un vaisseau qui tangue violemment; les nuages semblent arrêtés dans leur marche chaque fois que le vaisseau s'élève dans une direction contraire. Or, c'est exactement le même mouvement que les Calabrais doivent avoir éprouvé sur terre.

Des arbres, soutenus par leur tronc, s'inclinaient quelquefois, pendant les secousses, jusqu'au sol qu'ils touchaient de leur cime. Ceci est cité, comme un fait bien connu, par Dolomieu qui assure s'être constamment tenu sur ses gardes contre l'esprit d'exagération auquel le vulgaire est toujours porté à se livrer, quand il fait le récit de ces phénomènes extraordinaires.

Le lecteur ne doit pas supposer que ces ondulations, qui sont indiquées pour l'Italie et pour plusieurs autres régions sujettes aux tremblements de terre, comme se propageant à la surface solide de la terre dans une direction donnée, à la manière d'une vague de la mer, aient une analogie exacte avec les ondulations d'une masse liquide. Elles sont sans doute les effets de vibrations rayonnant de quelque point situé à une grande profondeur, et qui, en atteignant successivement la surface,

soulèvent le sol, qu'elles laissent ensuite retomber. J'expliquerai dans la suite de ce chapitre, page 174, comment le mouvement vibratoire atteint successivement les différents points de la surface, suivant la configuration du pays.

Fig. 109.



Déplacement des pierres de deux obélisques au couvent de Saint-Bruno.

Les Académiciens rapportent que les effets qui se produisirent dans quelques villes de la Calabre semblaient indiquer un mouvement giratoire, à la manière d'un tourbillon. Ainsi, par exemple, deux obélisques (fig. 109) placés aux extrémités d'une façade magnifique du couvent de Saint-Bruno, dans une petite ville appelée Stefano del Bosco, subirent un mouvement fort singulier. La secousse qui ébranla l'édifice est décrite comme ayant été horizontale et tournoyante. Le piédestal de chaque obélisque resta à sa place, mais les pierres séparées auxquelles il servait d'appui tournèrent sur elles-mêmes, en s'écartant quelquefois de $0^{m}23$ de leur position primitive, sans tomber.

M. Darwin a supposé que ce genre de déplacement peut bien être le résultat d'un mouvement vibratoire plutôt que d'un mouvement giratoire (1); et plus récemment, M. Mallet

(1) *Journal d'un Naturaliste*, p. 376, et II, *ibid.* 308.

a donné, dans son mémoire déjà cité, une solution fort ingénieuse du problème. Il a attribué le déplacement uniquement à une ondulation douée d'élasticité, qui aurait porté le piédestal en avant et l'aurait ramené en arrière, par un mouvement horizontal alternatif qui se serait produit sur un petit espace; et il a réussi à démontrer qu'il suffisait d'une impulsion en ligne droite se manifestant dans le sol pour faire tourner partiellement un corps solide sur un autre qui lui sert de support, à la condition, toutefois, qu'il existe un certain rapport entre la position des centres de gravité de ce corps et son centre d'adhérence (1).

La violence du mouvement qui fut produit de bas en haut, dans le sol a été expliquée d'une singulière façon par ce que les Académiciens appellent « sbalzo », saut, bondissement dans l'air, à la hauteur de plusieurs mètres, de masses adhérant faiblement à la surface. Dans quelques villes, une grande partie des pierres qui forment le pavé furent lancées en l'air, et on les trouva retournées sens dessus dessous. Or, on ne peut douter que des deux mouvements produits dans cette circonstance, celui de bas en haut résulte de l'impulsion que les pierres avaient reçue, tandis que celui de rotation doit être nécessairement attribué à la différence entre les divers degrés d'adhésion des deux extrémités de la masse. Quand la pierre était projetée à une hauteur suffisante pour accomplir en l'air un peu plus d'un quart de révolution, elle descendait de champ, et tombait ayant alors sa face inférieure en dessus.

Fissures et changements de niveau. — Je vais maintenant examiner cette classe de changements qui se lient avec le déchirement et la fissuration des roches, ainsi qu'avec les modifications qu'ont subies les niveaux relatifs des différentes parties de la terre ferme; puis je décrirai ceux qui offrent des rapports plus immédiats avec le bouleversement qui s'est opéré

(1) *Proceedings Roy. Irish Acad.*, 1846, p. 14-16.

dans l'arrosement régulier du pays, et où la force de l'eau courante s'est ajoutée à celle du tremblement de terre.

Quant aux changements de niveau relatif, aucun des récits n'indique qu'ils aient eu lieu sur une échelle considérable; mais on ne doit pas perdre de vue que la difficulté de prouver que le niveau général a subi quelque changement est proportionnelle à l'étendue de l'espace ébranlé, à moins que le rivage de la mer n'ait participé au mouvement principal; et alors même, il est souvent impossible de déterminer si une élévation ou une dépression a eu lieu — ce changement de niveau fût-il de plusieurs décimètres — parce que rien n'attire particulièrement l'attention dans un banc de galets et de sable, d'inégale largeur, s'élevant au-dessus du niveau d'une mer courant parallèlement à la côte; de pareils bancs marquent généralement le point atteint par les vagues pendant les grandes marées ou les plus violentes tempêtes. L'observateur qui se livre à des recherches scientifiques n'a pas les connaissances topographiques nécessaires pour juger si l'étendue du rivage a diminué ou augmenté; et celui qui possède des informations locales suffisantes, attache ordinairement fort peu d'intérêt à déterminer la somme du soulèvement ou de l'abaissement du terrain. Ajoutez à cela la grande difficulté de faire des observations exactes, par suite des vagues énormes qui roulent sur la côte pendant un tremblement de terre, et détruisent toutes les marques près du rivage.

Ce n'est évidemment que dans les ports de mer que l'on doit chercher des indications très-exactes de légers changements de niveau; et lorsqu'on en trouve, on peut supposer qu'elles ne seraient pas rares en d'autres points, s'ils offraient les mêmes facilités pour comparer des hauteurs relatives. Grimaldi rapporte, dans un récit confirmé par Hamilton et par plusieurs autres observateurs, qu'à Messine, en Sicile, le rivage fut crevassé, et que le long du port, le sol, qui avant la secousse était parfaitement plan, se trouva ensuite incliné vers la mer;

— que celle-ci elle-même devint plus profonde près de la « Branchia », et qu'en plusieurs endroits son fond fut bouleversé. Le quai aussi s'abaissa d'environ 0m35 au-dessous du niveau de la mer, et les maisons situées dans son voisinage furent toutes lézardées (1).

On ne possède malheureusement aucune donnée qui permette d'établir si ces changements furent seulement superficiels, s'ils résultèrent du glissement du sol ou de son tassement, et si enfin ils furent liés avec les mouvements souterrains qui modifièrent le niveau relatif de la mer et de la terre ferme.

Parmi les diverses preuves de l'élévation et de la dépression partielles qui se manifestèrent à l'intérieur des terres, les Académiciens relatent, dans leur description, que le sol se trouvait quelquefois au même niveau sur les deux côtés des nouveaux ravins et des nouvelles fissures, mais que d'autres fois il y avait entre ces deux côtés une différence considérable, par suite du soulèvement de l'un d'eux, ou de l'abaissement de l'autre. Ainsi, sur les côtés de longues fentes, dans le territoire de Soriano, la position relative des masses stratifiées avait subi un changement de 8 à 14 palmes (1m80 à 3m2).

Des mouvements semblables eurent lieu, dit-on, dans des strates du territoire de Polistena, où se produisit dans le sol un nombre prodigieux de fissures. Une d'elles était très-longue et très-profonde, et en quelques points, le niveau des côtés correspondants avait subi une grande altération. (Voy. fig. 110).

Dans la ville de Terranuova, quelques maisons s'élevèrent au-dessus du niveau ordinaire, et d'autres, voisines de celles-ci, s'enfoncèrent dans la terre. Dans plusieurs rues, le sol paraissait soulevé, et s'appuyait contre les murs des maisons ; une grande tour circulaire, en maçonnerie solide, et dont une partie avait résisté à la destruction générale, fut partagée par une fente verticale ; un de ses côtés fut exhaussé, et les fon-

(1) *Phil. Trans.*, 1783.

dations se trouvèrent portées au-dessus du sol. Les Académiciens la comparèrent à une grosse dent à moitié extraite de

Fig. 110.



Fissure profonde, près de Polistena, occasionnée par le tremblement de terre de 1783.

son alvéole, et ayant la partie supérieure de ses racines à nu. (Voy. fig. 111).

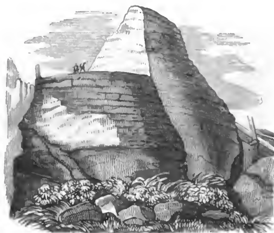
Le long de la ligne de cette « faille, » — nom que les mineurs donnent à ces sortes de fentes, — on remarqua que les murs adhéraient fortement l'un à l'autre, et qu'ils étaient joints si parfaitement, que le seul indice qu'ils n'avaient pas toujours été unis, était le défaut de correspondance entre les assises des pierres de chaque côté de la fente.

Dolomieu vit dans le couvent des Augustins, à Terranuova, la maçonnerie d'un puits en pierre qui semblait avoir été chassée en dehors du sol. Elle ressemblait à une petite tour de 3^{m}24 à 3^{m}27 de hauteur, et un peu inclinée. Cet effet, dit-il, était le résultat de la consolidation et de l'affaissement consécutif du terrain sablonneux dans lequel le puits avait été creusé.

Dans quelques-uns des murs qui avaient été renversés ou violemment ébranlés, à Monteleone, les diverses pierres

furent détachées du mortier, de manière à laisser un moule exact de leur forme à la place qu'elles avaient occupée, tandis que, dans d'autres cas, le mortier se trouvait broyé entre les pierres.

Fig. 111.



Fente ou « Faille » produite par le tremblement de terre de 1783, dans la tour ronde de Terranuova, en Calabre.

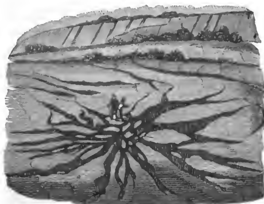
Il paraît que les mouvements ondulatoires ont souvent donné lieu aux effets les plus bizarres. Ainsi, dans plusieurs rues de Monteleone, toutes les maisons furent renversées, à l'exception d'une seule; dans d'autres rues, deux maisons seulement restèrent en place, et souvent les bâtiments qui étaient épargnés éprouvaient à peine les plus petits dommages. Dans plusieurs villes de la Calabre, les constructions les plus solides furent renversées, tandis que celles qui étaient bâties légèrement résistèrent; mais à Rosarno et à Messine, en Sicile, ce fut précisément le contraire qui arriva, les édifices massifs restèrent seuls debout.

A mesure que le mouvement ondulatoire s'avançait à la surface du sol, des fentes et des crevasses s'ouvraient et se

refermaient alternativement, de sorte que des maisons, du bétail et des hommes s'y trouvaient engloutis en un instant, sans qu'il fût possible d'en retrouver le moindre vestige à la surface, lorsque les côtés des fissures étaient ensuite venus à se rapprocher. On conçoit que le même effet aurait lieu, mais sur une petite échelle, si, par suite de quelque force mécanique, un pavé formé de grandes dalles était soulevé, puis abaissé subitement, de manière à reprendre sa première position. Si quelques petits cailloux se trouvaient sur la ligne de contact de deux dalles, ils tomberaient dans l'ouverture quand le pavé s'élèverait et seraient engloutis, de sorte qu'il n'en resterait aucune trace lorsque les dalles s'abaisseraient de nouveau. D'autres fois, il arriva, dit-on, que des individus engloutis par une secousse étaient rejetés encore vivants, avec de grandes colonnes d'eau, par la secousse qui suivait immédiatement la première.

A Jérocarne, pays qui, d'après les Académiciens, fut *déchiré*

Fig. 112



Fissures occasionnées par le tremblement de terre de 1783, près de Jérocarne, en Calabre.

de la manière la plus extraordinaire, les fissures rayonnèrent en tous sens, « comme les fentes d'un carreau de vitres brisé. » (Voy. *fig.* 112.)

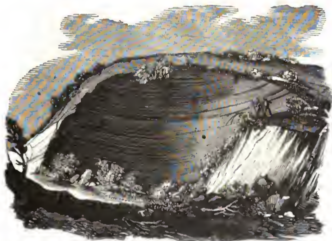
Dolomieu nous apprend que les crevasses et les fissures suivaient ordinairement, dans la Calabre, une direction parallèle à celle des ravins et des gorges préexistant dans leur voisinage. D'où l'on peut conclure que la plupart d'entre elles résultèrent d'un mouvement comparativement superficiel du sol qui se produisit d'un côté.

Près d'Oppido, point central d'où émanèrent les chocs les plus violents, la terre s'entr'ouvrit, puis se referma immédiatement après avoir englouti plusieurs maisons. Dans le district adjacent de Cannamaria, quatre fermes, plusieurs magasins d'huiles et de vastes habitations furent si complétement engouffrés dans une crevasse, qu'il n'en resta plus aucune trace après la catastrophe. Le même phénomène eut lieu à Terranuova, à Santa Christina et à Sinopoli. Les Académiciens ont particulièrement insisté sur ce fait que, lorsque des gouffres profonds s'étaient ouverts dans les strates argileuses de Terranuova, et que des maisons y avaient été englouties, les côtés de ces gouffres se refermaient avec une telle violence, que plus tard, en faisant des fouilles pour retrouver des objets de valeur, les ouvriers remarquèrent que les diverses parties des bâtiments et tout ce qu'ils contenaient étaient tassés de manière à ne former qu'une masse compacte.

On montra à sir W. Hamilton, dans le voisinage de Mileto, plusieurs fissures profondes qui, bien qu'aucune d'elles n'eût plus de 0^m30 de large, s'étaient assez ouvertes, pendant le tremblement de terre, pour engloutir un bœuf et une centaine de chèvres. Les Académiciens trouvèrent aussi à leur retour dans les districts par lesquels ils avaient commencé leur tournée, que, pendant ce court espace de temps, plusieurs crevasses s'étaient graduellement refermées, de sorte que leur largeur avait diminué de plusieurs décimètres, et que leurs parois opposées se touchaient presque en quelques points. Il n'y a rien que de fort naturel à ce que les choses se passent ainsi dans des strates argileuses, tandis que, dans des roches

plus solides, on peut s'attendre à ce que les fissures restent béantes pendant plusieurs siècles. S'il était bien constaté que ce fait soit général dans les pays bouleversés par les tremblements de terre, il servirait à expliquer d'un manière satisfaisante un phénomène assez ordinaire dans les veines minérales. Ces veines conservent souvent leur volume, tant que les roches consistent en calcaire, en granit ou en toute autre matière dure, mais elles se contractent, deviennent de simples filons ou même disparaissent entièrement, sur les points où sont interposées des masses de nature argileuse. Si nous supposons que le comblement des fissures par des substances métalliques, ou autres, soit une opération qui exige plusieurs siècles, il est évident que les parois opposées des fentes, dans les strates qui consistent en matériaux peu résistants, doivent se réunir, ou du moins se rapprocher beaucoup, avant qu'il se soit écoulé un temps suffisant pour qu'une grande quantité de la matière à filons ou à veines se soit accumulée.

Fig. 113.



Gouffre formé pendant le tremblement de terre de 1783, pres d'Oppido, en Calabre

Quelques-uns des gouffres qui s'ouvrirent semblent résulter

de l'enfoncement du sol dans des cavités souterraines. Les Académiciens en observèrent un qui se produisit sur la pente d'une colline voisine d'Oppido, et dans lequel furent précipités une grande masse de terre, des vignes et un nombre considérable d'oliviers. Il n'en resta pas moins, après la secousse, une vaste cavité, en forme d'amphithéâtre, de 150 mètres de long, sur 60 mètres de profondeur (voy. *fig.* 113).

Suivant Grimaldi, plusieurs fissures et plusieurs cavités, formées par la première secousse du 5 février, furent considérablement élargies, allongées et rendues plus profondes par les violentes convulsions qui eurent lieu le 28 mars. Quelques-unes de ces crevasses avaient plus de 1,600 mètres de longueur et de 45 mètres à 60 mètres et plus de profondeur; elles se développaient ordinairement en ligne droite, mais certaines affectaient la forme d'un croissant. La figure ci-jointe

Fig. 114.



(*fig.* 114) en représente une dont les dimensions n'offrent rien de remarquable, et qui reste ouverte à côté d'un petit passage sur la colline de San Angelo, près de Soriano. La petite rivière Mesima occupe le premier plan.

Formation de cavités circulaires et de nouveaux lacs. — On lit dans le rapport de l'Académie que quelques plaines furent couvertes de cavités circulaires, de la grandeur d'une roue de voiture, pour la plupart, mais souvent un peu plus grandes ou un peu plus petites. Quand ces cavités étaient pleines d'eau jusqu'à 0m30 ou 0m60 de la surface, elles ressemblaient à des puits; mais, en général, elles étaient remplies de sable sec, offrant tantôt une surface concave et tantôt une

Fig. 115



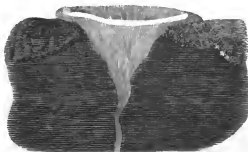
Cavités circulaires formées par le tremblement de terre de 1783 dans la plaine de Rosarno.

surface convexe (voy. *fig.* 115). En creusant, on reconnut qu'elles avaient la forme d'un entonnoir, et le sable humide et incohérent qui se trouvait au centre indiquait l'ouverture tubulaire par où l'eau jaillissait. La figure ci-après (*fig.* 116) représente une section d'un de ces cônes renversés, après que l'eau eut disparu et quand il ne resta plus que du sable micacé sec.

Dans le voisinage de Seminara, non loin de Polistena, un petit étang circulaire de même nature fut formé subitement,

par suite de l'ouverture d'une grande crevasse du fond de laquelle l'eau jaillit. Ce lac fut appelé Lago del Tolfilo. Il avait 536 mètres de long, 281 mètres de large et 16 mètres

Fig. 116.



Section d'une des cavités circulaires formées dans la plaine de Rosarno.

de profondeur. Les habitants, redoutant les miasmes que pouvait occasionner cette masse d'eau stagnante, essayèrent à

Fig. 117.



Etang circulaire près de Polistena, en Calabre, produit par le tremblement de terre de 1783.

grands frais, de la dessécher à l'aide de canaux ; mais ils ne purent y parvenir parce qu'elle était alimentée par des sources jaillissant du fond de la crevasse.

Cônes de sable soulevé. — Plusieurs des phénomènes qu'on observe dans les plaines d'alluvion, tels que les sources

lançant leurs eaux comme des fontaines au moment des secousses, paraitraient indiquer le soulèvement et l'abaissement alternatifs du sol. Le premier effet des chocs les plus violents était ordinairement le desséchement des rivières, mais elles débordaient immédiatement après. Dans les lieux marécageux, il se forma une multitude de cônes de sable, — phénomène qu'Hamilton explique en supposant que le premier mouvement élevait de bas en haut la plaine sillonnée de fissures, de sorte que les rivières et les eaux stagnantes des marais s'abaissaient ou du moins ne participaient pas au soulèvement du sol. Mais, quand celui-ci revenait avec violence à sa première position, l'eau s'élançait en jet à travers les fissures.

Suivant M. Mallet, le phénomène peut s'expliquer simplement par un accident fortuit, dépendant de la cause principale du désordre, qui n'est autre que le passage rapide de l'ondulation du sol. « Les sources abondantes, dit-il, se trouvent ordinairement dans des creux allongés, ou fissures, remplis d'une eau qui peut sortir aussi bien d'une roche solide que de matériaux incohérents. Or, quand une cavité, ou veine de cette nature, remplie d'eau, se rencontre dans une position telle que le plan de ses parois soit transversal à la ligne de passage de l'ondulation, le premier effet du mouvement, à son arrivée sur la fissure, sera de rapprocher plus ou moins ses bords, de sorte que l'eau ainsi refoulée ira jaillir, un instant, en tête de la source comme une fontaine, et reprendra ensuite son état de repos après le passage de l'ondulation. »

Dérangement du cours des rivières. — Vivenzio rapporte que, près de Sitizzano, une vallée fut presque entièrement comblée jusqu'au niveau des hautes terres situées de chaque côté, par des masses énormes qui se détachèrent des collines environnantes et se précipitèrent dans le lit de deux petits cours d'eau. Ce barrage donna naissance à un lac très-profond, de 3,200 mètres de long, sur 1,600 de large environ. Le même

auteur ajoute qu'il y eut en tout cinquante lacs produits par les commotions, et indique les places de chacun d'eux. Les inspecteurs du gouvernement comptèrent 215 lacs, mais dans ce nombre étaient compris beaucoup de petits étangs.

Ces sortes de lacs et d'étangs ne pourraient être permanents que sur les points où les rivières et les ruisseaux ont été détournés de leur direction et ont pris un cours entièrement nouveau, soit dans quelque ravin adjacent, soit dans une partie différente de la même plaine d'alluvion. Mais dans le cas où le barrage obstrue tout le système d'arrosement, l'eau coulant par dessus l'obstacle, s'y creusera graduellement un nouveau canal de plus en plus profond, et le lac cessera bientôt d'exister (1).

De chaque côté de la vallée profonde ou du ravin de Terranuova, d'énormes masses se détachèrent de la plaine voisine, et tombèrent dans le lit de la rivière, de manière à donner naissance à des lacs. On a vu souvent des chênes, des oliviers, des vignes et du blé croître au fond du ravin, sans être plus endommagés que les végétaux semblables dont ils avaient été séparés, et qui continuaient de pousser dans la plaine au-dessus, à 150 mètres au moins plus haut, et à près de 1,200 mètres de distance. Dans une partie de ce ravin, il se trouvait une masse de 60 mètres de haut et de près de 120 mètres de diamètre à sa base, qui, probablement, avait été détachée par quelque ancien tremblement de terre. Il est bien attesté que cette masse parcourut un espace de 6,400 mètres dans le ravin, après avoir été mise en mouvement par la secousse du 5 février. Hamilton, qui visita les lieux, explique ce phénomène par la déclivité de la vallée, par la grande abondance de pluie qui tomba, et par le poids énorme de la matière alluviale qui se trouvait adossée à cette masse et exerçait sur elle une forte pression. Dolomieu attribue aussi ce déplace-

(1) Voy. Robert Mallet, *Tremblement de terre Napolitain de 1857*, vol. II, p. 372.

ment à l'impulsion nouvelle donnée par d'autres masses également détachées de la plaine, et poussant en avant celles qui, les premières, avaient été mises en mouvement.

Le premier rapport envoyé à Naples sur les deux glissements de terrain dont on vient de parler et qui donnèrent naissance à un grand lac, près de Terranuova, était conçu en ces termes : — « Deux montagnes situées sur les côtés opposés d'une vallée se déplacèrent de leur position originelle jusqu'à ce qu'elles se rencontrassent au milieu de la plaine ; là, se réunissant, elles interceptèrent le cours d'une rivière, etc.... » Les expressions employées ici ressemblent singulièrement à celles qui furent appliquées aux phénomènes, probablement analogues, que l'on dit s'être manifestés à Fez, pendant le tremblement de terre de Lisbonne, ainsi qu'à la Jamaïque et à Java, à d'autres époques.

Non loin de Soriano, dont les maisons furent rasées par la grande secousse de février, une petite vallée, renfermant une magnifique plantation d'oliviers, désignée sous le nom de Fra Ramondo, éprouva une révolution très-extraordinaire. Une multitude de fissures traversèrent d'abord en tous sens la plaine dans laquelle coulait la rivière, et absorbèrent l'eau jusqu'à ce que les sous-strates argileuses en fussent imprégnées, de sorte qu'une grande partie de celles-ci fut réduite à l'état de pâte liquide, et qu'il s'ensuivit d'étranges changements dans la configuration du pays, le sol prenant aisément, jusqu'à une grande profondeur, toute espèce de formes. De plus, les débris des collines voisines furent précipités dans les cavités qui s'étaient formées ; et tandis qu'un grand nombre d'oliviers étaient déracinés, d'autres continuaient à végéter sur les masses tombées et inclinées sous divers angles (voy. *fig.* 118). La petite rivière Caridi disparut entièrement pendant plusieurs jours ; et lorsqu'enfin on la revit, elle s'était creusé un lit complétement nouveau.

Près de Seminara, un verger et une vaste plantation d'oli-

viers furent lancés à une distance de 60 mètres, dans une vallée de 18 mètres de profondeur. En même temps une ca-

Fig. 118.



Changements produits à la surface du sol. à Fra Ramondo, près de Soriano, en Calabre.

1. — Portion éboulée d'une colline couverte d'oliviers.
2. — Nouveau lit de la rivière Caridi.
3. — Ville de Soriano.

vité profonde s'ouvrit dans une autre partie du plateau élevé d'où le verger avait été détaché, et la rivière y entra aussitôt, laissant son ancien lit complètement à sec. Une petite maison habitée, qui se trouvait sur la masse de terre transportée dans le fond de la vallée, fut entraînée avec elle, entière, et sans aucun mal pour les habitants. Les oliviers aussi continuèrent à croître sur la terre qui avait glissé dans la vallée, et rapportèrent la même année une récolte abondante.

Deux portions de terrain sur lesquelles reposait une grande partie de la ville de Polistena, consistant en quelques centaines de maisons, furent détachées et transportées à 800 mètres environ de leur emplacement primitif dans un ravin contigu, de manière à le couper presque entièrement ; et ce qu'il

y a de plus extraordinaire, c'est que plusieurs des habitants furent retirés sains et saufs des décombres.

Près de Mileto, deux métairies, désignées sous le nom de Macini et de Vaticano, et qui occupaient une étendue de terre de 1,600 mètres environ de longueur, sur 800 mètres de large, furent entraînées à la distance de 1,600 mètres dans une vallée. Une chaumière, ainsi que de grands oliviers et mûriers, dont la plupart restèrent debout, furent transportés intacts jusqu'à cette distance extraordinaire. Suivant Hamilton, la surface déplacée aurait longtemps été minée par de petits ruisseaux qui se trouvèrent ensuite en pleine vue, sur les terrains laissés à nu par la disparition des deux métairies. Le tremblement de terre semble avoir ouvert un passage dans les collines argileuses des environs, par lequel l'eau chargée de matières incohérentes provenant du sol s'introduisit dans le lit souterrain des petits ruisseaux coulant immédiatement au-dessous des métairies, de sorte que les fondations du sol mis en mouvement par le tremblement de terre se détachèrent facilement. Un autre exemple de dépression qui n'entraîna pas la destruction des édifices est cité par Grimaldi, comme ayant eu lieu dans la ville de Catanzaro, capitale de la province du même nom. Les maisons, dans le quartier de San Giuseppe, s'enfoncèrent avec le sol jusqu'à diverses profondeurs de 0^m6 à 1^m20, mais les bâtiments restèrent intacts. Entre autres territoires, celui de Cinquefrondi fut horriblement bouleversé; diverses portions du sol furent soulevées ou abaissées, et d'innombrables fissures sillonnèrent le pays dans tous les sens (voy. *fig.* 119). Il paraît y avoir eu, dans ce district, le long des flancs d'une petite vallée, une ligne presque continue de glissements de terrain.

Parmi plusieurs autres exemples du même genre, le sol, près de San Lucido est décrit comme ayant été « dissous », de sorte que d'énormes torrents de boue inondèrent tous les terrains bas, à la manière de la lave. La cime des arbres et les

ruines des fermes se voyaient seules au-dessus de cette mer de boue. A 3,200 mètres de Laureana, le sol marécageux de deux ravins se remplit d'une matière calcaire, qui s'é-

Fig. 119



Glissements de terrain occasionnés par le tremblement de terre de 1783, près de Cinquefrondi.

chappa de la terre immédiatement avant la première secousse. Cette boue, s'accumulant rapidement, commença bientôt à rouler, comme un torrent de lave, dans la vallée où les deux courants, se réunissant, se précipitèrent de l'est à l'ouest avec une impétuosité de plus en plus grande. Ils avaient alors une largeur de 67m50 sur une profondeur de 4m50, et, lorsqu'ils cessèrent d'avancer, ils couvraient une surface d'un mille italien de longueur (1,852 mètres). Dans sa marche, ce torrent engloutit un troupeau de 30 chèvres, et déracina plusieurs oliviers et plusieurs mûriers, qui flottaient comme des vaisseaux sur sa surface. Quand cette lave calcaire eut cessé d'être en mouvement, elle sécha et durcit peu à peu, et pendant cette opération, sa masse s'abaissa de 2m25. Elle contenait des fragments de terre d'une couleur ferrugineuse et qui émettait une odeur de soufre.

Si le cadre de cet ouvrage le permettait, on pourrait rem-

plir un volume des détails locaux que les différents auteurs déjà cités ont donné sur les glissements de terrain, et qui montrent jusqu'à quel point l'action des rivières appliquée à l'élargissement des vallées se trouve augmentée, dans les lieux où les tremblements de terre ont des retours périodiques. Or, le géologue ne comprendra jamais parfaitement le mode de formation des vallées, s'il n'apprécie, à sa juste valeur, la part que joue dans cette question l'action des rivières, combinée avec celle des tremblements de terre qui se répètent à de longs intervalles, pendant ce laps de siècles qu'exige toujours l'élévation d'une contrée à plusieurs dizaines de mètres au-dessus du niveau de la mer.

Il faut nécessairement accorder qu'un certain temps s'est écoulé entre chaque convulsion, pour que l'eau courante ait pu entraîner les ruines résultant des glissements de terrain; car, autrement, les masses tombées serviraient d'arc-boutants et empêcheraient le tremblement de terre suivant de produire tout son effet. Il faut de plus que les flancs de la vallée soient entaillés de nouveau par le courant, et qu'ils forment des précipices et des falaises surplombantes, avant qu'une autre secousse puisse s'effectuer de la même manière que la précédente.

Chute des falaises marines. — Le long de la côte du détroit de Messine, près du fameux rocher de Scilla, la chute d'énormes masses, détachées des hautes et hardies falaises qui bordent ce rivage, engloutit plusieurs villas et plusieurs jardins. A Gian Greco, une ligne continue de falaises fut renversée, sur une longueur de 1,600 mètres. Souvent, pendant les secousses, on remarqua une agitation extraordinaire dans le lit de la mer; et sur les parties de la côte où le mouvement se fit sentir avec le plus de violence, on prit sans peine une énorme quantité de poissons. Quelques espèces rares, qui restent habituellement enterrées dans le sable, comme celle que l'on appelle « Cicirelli », vinrent à la surface des eaux, où elles se laissèrent prendre aussi en très-grand nombre. On

prétend que la mer bouillonna près de Messine, et qu'elle fut agitée comme si d'abondantes vapeurs s'étaient dégagées de ses profondeurs.

Inondation du rivage près de Scilla. — Le prince de Scilla avait persuadé à une grande partie de ses vassaux de se réfugier sur leurs bateaux de pêche, et lui-même s'était rendu à bord. La nuit du 5 février, pendant que quelques-uns de ceux qui se trouvaient dans ces bateaux se livraient au sommeil, et que d'autres dormaient aussi sur une plaine unie, légèrement élevée au-dessus de la mer, la terre trembla, et soudain une masse énorme se détacha de la montagne voisine de Jaci, et tomba sur la plaine avec un bruit effroyable. Immédiatement après, la mer, s'élevant de plus de 6 mètres au-dessus du niveau de cette terre basse, s'y précipita en écumant, et entraîna tous ceux qui s'y trouvaient. Elle se retira ensuite, mais pour revenir bientôt avec une plus grande violence, et en ramenant avec elle quelques-uns des individus et des animaux qu'elle avait entraînés. En même temps, tous les bateaux coulèrent à fond ou se brisèrent contre le rivage, et plusieurs d'entre eux furent emportés au loin dans l'intérieur des terres. Le vieux prince et 1,430 de ses sujets périrent.

État du Stromboli et de l'Etna pendant les secousses. — Les habitants de Pizzo remarquèrent que, le 5 février 1783, au moment où la première forte secousse se faisait sentir en Calabre, le volcan de Stromboli, qui est en pleine vue de cette ville, et à 80 kilomètres environ de distance, fumait beaucoup moins, et laissait échapper une moindre quantité de matières enflammées qu'il n'avait fait pendant les années précédentes. D'un autre côté, on prétend que le grand cratère de l'Etna et le Stromboli rejetèrent une énorme quantité de vapeurs, — le premier au commencement des commotions, et l'autre vers la fin. Mais, comme aucune éruption ne se manifesta par ces deux grandes ouvertures pendant toute la durée

du tremblement de terre, les causes des convulsions de la Calabre, et celles des feux volcaniques de l'Etna et du Stromboli, paraissent être tout à fait indépendantes les unes des autres; à moins, toutefois, qu'elles n'aient la même relation mutuelle que celle qui existe entre le Vésuve et les volcans des Champs Phlégréens et d'Ischia, — une violente agitation dans l'un des districts servant en quelque sorte de soupape de sûreté à l'autre, et ces volcans n'étant jamais, d'ailleurs, en pleine activité à la fois.

Origine et mode de propagation du mouvement ondulatoire dans les tremblements de terre. — Nous avons déjà fait entendre, dans le chapitre XXIII, qu'on avait tout lieu de supposer que les tremblements de terre et les volcans étaient dus aux mêmes causes souterraines; et nous examinerons, dans le chapitre XXXII, comment des portions de la croûte solide de la terre peuvent se fondre, de temps à autre, de manière à former, à différentes profondeurs, des réservoirs de matière en fusion. Si l'on admet, pour l'instant, l'existence, dans l'intérieur de la terre, de tels réservoirs de lave liquide, on comprendra facilement que de la vapeur se produise partout où l'eau de pluie et celle de la mer, filtrant à travers les roches, arrivent jusqu'à ces laves, et que, sur les points où cette vapeur s'est formée, la croûte terrestre sous-jacente puisse se fendre et se disloquer.

Pendant ces mouvements, des fissures peuvent s'ouvrir et s'injecter d'une matière gazeuse ou fluide qui, tantôt, ne montera pas jusqu'à la surface, et tantôt s'échappera par des évents volcaniques, des stufas et des sources chaudes. Lorsque, par suite de la commotion, les roches se seront fendues, et que les voûtes des crevasses ou des cavernes préexistantes se seront écroulées intérieurement, les secousses vibratoires se produiront et se propageront à travers la croûte terrestre dans tous les sens, à la manière des ondes sonores, avec une vitesse qui variera suivant la violence du choc originel, et la

densité ou l'élasticité des substances qu'elles traversent. Ainsi, par exemple, elles voyageront plus rapidement à travers le granit qu'à travers le calcaire, à travers cette dernière substance qu'à travers l'argile humide; mais leur vitesse sera uniforme dans un même milieu homogène. Pour les habitants d'un district ébranlé, l'ondulation ou vibration paraît rayonner horizontalement, à partir du point de la surface où elle s'est fait d'abord sentir ; mais, en réalité, la force n'agit pas dans une direction horizontale, à la manière d'une ondulation produite à la surface d'une nappe d'eau par la chute d'un caillou, car elle monte obliquement de l'intérieur à tous les points de l'enveloppe terrestre, excepté à celui qui se trouve immédia-

Fig. 120.

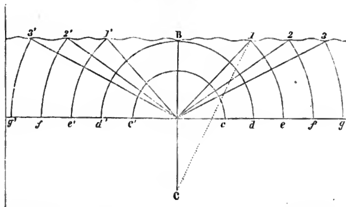


Diagramme montrant le mode de transmission d'une onde de tremblement de terre, partant d'un foyer souterrain de désordre, tel que A.

A. — Foyer du tremblement de terre.

B. — Sommet *seismique*, ou point de la surface atteint le premier par le choc.

C — Foyer supposé à une plus grande profondeur. La ligne C, 1, représentant ici l'angle d'émergence, est plus inclinée que la ligne A, 1 (voy. p. 179).

c, c', d, d'. — Coupe des enveloppes sphériques montrant la manière suivant laquelle l'onde se propage dans tous les sens à partir du centre de désordre, A.

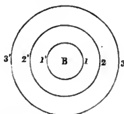
1, 1'. — Points *coseismiques*, ou points de la surface qu'atteint simultanément l'ondulation. Il en est de même pour 2, 2'. 3, 3'.

tement au-dessus du foyer, en imprimant au sol une impul-

sion en avant et puis le ramenant en arrière, suivant une direction plus ou moins horizontale. D'où il suit que tous les objets qui, tels que les murs d'un édifice, ne participent pas d'une manière complète aux mouvements, paraissent se mouvoir dans une direction opposée à celle du sol, et tomber par l'effet de leur propre poids ou de leur force d'inertie. Le diagramme, fig. 120, p. 174, fera mieux comprendre au lecteur la manière suivant laquelle se transmet l'ondulation. Supposons que le centre souterrain de désordre soit situé à plusieurs kilomètres au-dessous de la surface, soit en A ; la croûte terrestre étant homogène, le choc se propagera dans tous les sens, comme une onde de compression, en déplaçant, sur un certain espace, les molécules du milieu mis en vibration, et en leur laissant ensuite reprendre leur position primitive, sans qu'il y ait ordinairement fracture de la roche. Les ondes se meuvent sous la forme d'une série d'enveloppes sphériques, dont les coupes sont représentées dans le diagramme en *c c'*, *d d'*, etc. Lorsque le mouvement s'étend jusqu'au cercle *d d'*, le tremblement de terre commence à se faire sentir à la surface, au point situé immédiatement au-dessus de A. Ce point B, où le choc sera ressenti avec le plus de violence par les habitants, comme étant le plus rapproché du centre d'impulsion, est appelé verticale *seismique.* Les vibrations gagneront les points 1 et 1', quelques secondes plus tard, selon la distance qui sépare ces points du foyer A. L'onde atteindra successivement les points 2 et 2', 3 et 3', et son émergence à la surface de la contrée se produira suivant une série d'anneaux concentriques qui s'éloigneront de plus en plus du point B, où s'est fait sentir le choc initial, comme on le voit dans la fig. 121. Toutefois, l'ondulation ou mouvement vibratoire, bien qu'ayant l'apparence de se propager dans toutes les directions à partir de B, est, en réalité, transmise directement du point A. Les cercles 1, 1' et 2, 2', dans les fig. 120 et 121 sont appelés cercles *coseismaux.*

parce que tous les points de leur circonférence se trouvent simultanément ébranlés. Nous ferons observer au lecteur que toutes ces enveloppes sphériques *c*, *c'* *d*, *d'* et que les points d'émergence 1, 2, 3, etc., se rapportent à la transmission

Fig. 121.



B. Verticale *seismique*.
1, 2, 3. Points *seismiques* correspondant à 1', 2', 3'.

continue, à travers la terre, d'un choc unique, et non d'une série d'ondulations séparées qui se succéderaient les unes aux autres. M. Robert Mallet, et feu M. Hopkins, se sont appliqués à trouver des instruments et des méthodes d'observation au moyen desquels on pût mesurer la vitesse avec laquelle se propage l'ondulation résultant d'un tremblement de terre, et la profondeur où se trouve le foyer de désordre.

M. Mallet (1) a le mérite d'avoir fait le premier, à ce sujet, une application pratique des lois déduites des principes mécaniques; et c'est dans ce but qu'il visita une partie du territoire Napolitain, peu de temps après le tremblement de terre de décembre 1857. La région qui fut alors le plus fortement ébranlée est située à 64 kilomètres environ à l'est de Salerne, par 40°,30' de latitude septentrionale, et tout à fait au nord du district bouleversé en 1783. Quoique, à cette époque, on ait eu à déplorer la ruine de plusieurs villes et la mort d'un grand nombre de personnes, il s'en faut de beaucoup que la

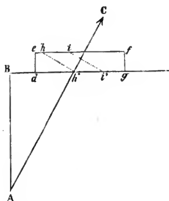
(1) *Grand tremblement de terre Napolitain*, 2 vol. Londres, 1862.

destruction ait sévi d'une manière aussi terrible qu'en 1783, et que les changements apportés dans le cours des rivières se soient produits sur une aussi grande échelle.

Pour obtenir le point *seismique*, M. Mallet observa la direction suivant laquelle étaient tombés les cheminées, les vases et les statues placés sur le sommet des édifices élevés. Ces corps, par suite de leur inertie, tombent ordinairement en arrière, dans un sens contraire à la poussée du choc, mais quelquefois ils tombent en avant. Dans les deux cas, ils indiquent la direction des secousses, car il suffit de prolonger jusqu'à leur point d'intersection deux ou un plus grand nombre des lignes de chute de ces corps, pour avoir le sommet *seismique*. Ce point trouvé, la première chose à faire est de déterminer l'angle sous lequel l'onde a émergé aux différents points de la surface.

Supposons un édifice rectangulaire *d*, *e*, *f*, *g* (fig. 122), placé, avec ses murs principaux, sur le passage de la se-

Fig. 122.



cousse, et supposons aussi que l'ondulation causée par le tremblement de terre émerge suivant la ligne A, C. Le choc tendra à produire des fissures *h*, *h'*, *i*, *i'*, qui formeront des

angles droits avec la ligne de direction. L'inclinaison de A, C avec l'horizon, autrement dit l'angle d'émergence, étant ainsi connu par rapport à ces fissures, on obtient la position du foyer A, en imaginant la ligne C, *h'*, prolongée jusqu'à ce qu'elle rencontre la verticale B, A.

En se reportant au diagramme précédent, fig. 120, le lecteur verra de suite que l'angle d'émergence de l'ondulation, à toute distance donnée du sommet *seismique* B, dépendra de la profondeur où est situé le foyer; c'est-à-dire, en d'autres termes, que cet angle sera d'autant plus aigu que la profondeur sera plus grande, comme le montre l'inclinaison de la ligne C, 1, par exemple, comparée à celle de A, 1.

A l'aide d'une formule de dynamique, qu'il est inutile de citer ici, M. Mallet est venu à conclure que le point d'où partit le choc de 1857 n'était pas situé à plus de 11,200 à 12,800 mètres de profondeur; et cette évaluation, bien qu'on ne doive la considérer que comme une approximation grossière de la vérité, offre un intérêt considérable, en ce sens que de pareilles investigations répétées pourront conduire plus tard à des résultats plus certains, surtout lorsque les observations relatives au temps, à la direction et à l'intensité des secousses auront été faites, au moment de la convulsion, avec tout le soin que comportent les recherches scientifiques. Des observations de ce genre demandent le secours d'instruments fort délicats; et le problème, excessivement compliqué, l'est bien plus que ne pourrait le supposer le lecteur, d'après la simple explication que nous venons de donner. Je ferai observer, en effet, que le choc qui produit la vibration ou l'onde de tremblement de terre ne donne pas naissance à un seul mouvement, comme nous l'avions supposé, mais à deux, l'un longitudinal et l'autre transversal. Au début des convulsions, le second de ces mouvements suit presque instantanément le premier, avec lequel il fait des angles droits; mais, comme cette dernière vibration se propage un peu plus len-

tement que la première, elle n'arrive à la surface, si la distance à parcourir est considérable, qu'après un certain intervalle de temps, et cause souvent aux édifices de plus grands dommages que celle qui l'a précédée. Le rapport très-étudié de M. Hopkins (1), montrera aussi que lorsqu'une ondulation traverse des roches de densité et d'élasticité différentes, elle change, jusqu'à un certain point, non-seulement de vitesse mais encore de direction, se trouvant à la fois réfractée et réfléchie d'une manière analogue à celle du rayon lumineux qui passe d'un milieu d'une certaine densité dans un autre d'une densité différente. Quand la secousse traverse, dans la croûte terrestre, une épaisseur de plusieurs kilomètres, elle rencontre nécessairement des roches d'une grande variété, ainsi que des fentes et des failles qui viennent contrarier plus ou moins la marche du mouvement vibratoire. De même, la fracture des murs d'un édifice est considérablement modifiée par la nature des matériaux qui le composent, et par la cohésion plus ou moins forte du mortier qui cimente entre elles les pierres ou les briques. On doit donc tenir compte à M. Mallet de l'incertitude des données dont il disposait lorsqu'il essaya d'estimer la profondeur au-dessous de la surface à laquelle le choc de 1857 prit son origine; et, quant à celle d'où émanèrent les mouvements de 1783, il nous est bien plus difficile de former à son égard la moindre conjecture vraisemblable. Il est, toutefois, un principe d'intérêt général que M. Mallet déduit de tous les faits connus jusqu'à ce jour relativement aux tremblements de terre, et qu'il formule ainsi : c'est que les points souterrains où les chocs prennent naissance ne sont jamais situés très-profondément, et que leur distance de la surface n'excède peut-être jamais trente milles géographiques ; — conclusion fort importante et qu'il serait à désirer de voir plus tard confirmée par l'observation et par la théorie.

(1) *Geological Theories of Elevation and Earthquakes. British Association*, 1847, p. 33.

Nombre de personnes qui périrent pendant le tremblement de terre de 1783. — Le nombre des personnes qui périrent pendant le tremblement de terre, en Sicile et dans les deux Calabres, est estimé par Hamilton, à 40,000 environ ; 20,000 autres succombèrent par l'effet des épidémies, occasionnées par une nourriture insuffisante, par le défaut d'abri contre les intempéries de l'air, et par la *malaria*, fièvre à laquelle avait donné lieu l'eau stagnante des nouveaux lacs et étangs.

Le plus grand nombre des victimes furent ensevelies sous les ruines de leurs maisons ; mais beaucoup d'autres aussi moururent consumées dans les incendies qui suivaient presque toujours les secousses. Ces incendies sévirent surtout avec fureur dans quelques villes, telles qu'Oppido, à cause des immenses magasins d'huile qui s'y trouvaient.

Beaucoup de personnes, des paysans entre autres qui furent surpris en fuyant à travers la campagne, furent engloutie dans de profondes fissures, et il se pourrait qu'aujourd'hui leurs squelettes fussent enterrés à diverses profondeurs audessous de la surface du sol.

Quand Dolomieu visita Messine, après la secousse du 5 février, il décrivit la ville comme présentant encore, vue du moins à distance, une certaine apparence de son ancienne splendeur. Toutes les maisons étaient endommagées, mais les murs subsistaient encore; la population tout entière s'était réfugiée dans des huttes en bois, près de la ville, dont les rues étaient silencieuses et désertes ; il semblait qu'elle eût été ravagée par la peste; aussi Dolomieu éprouva-t-il à son aspect une profonde impression de pitié et de tristesse. « Mais, ajoute-t-il, dès que j'aperçus Polistena, la scène d'horreur qui s'offrit à mes yeux me priva presque de l'usage de mes facultés; mon esprit était en proie à un sentiment de terreur mêlé de compassion; rien n'avait échappé à la destruction, tout était au niveau de terre; pas une seule maison, pas un

pan de mur ne restait debout; de tous côtés, ce n'était que monceaux de pierres, dans un tel désordre, qu'ils ne pouvaient faire supposer qu'à la place qu'ils occupaient, une ville eût jamais existé. L'odeur fétide des cadavres s'exhalait, en outre, du milieu des ruines. Je m'entretins avec plusieurs personnes qui, après avoir été enterrées pendant trois, quatre et même cinq jours, avaient échappé à la mort; je les questionnai sur les sensations qu'elles avaient éprouvées dans une si horrible situation, et elles s'accordèrent à dire que de toutes les souffrances physiques qu'elles avaient endurées, la soif avait été la plus intolérable, et que la crainte d'être abandonnées par leurs amis, qui auraient pu les secourir, ajoutait un supplice atroce à leur agonie (1). »

On suppose que le quart environ des habitants de Polistena, et de quelques autres villes, furent enterrés vivants, et il est fort probable qu'ils eussent pu être sauvés si les secours n'avaient pas manqué. Malheureusement, dans une calamité aussi générale, où chacun était occupé de ses propres malheurs ou de ceux de sa famille, on ne pouvait que bien rarement obtenir quelque aide. Larmes, prières, promesses des plus fortes récompenses, tout restait sans effet. Cependant on cite plusieurs actes de dévouement inspirés soit par la piété filiale, par l'amour maternel ou par la tendresse conjugale, soit par l'amitié, ou par la reconnaissance de serviteurs fidèles; mais les efforts individuels étaient presque toujours inefficaces. Il arrivait souvent que des personnes, à la recherche des êtres qui leur étaient le plus chers, entendaient leurs gémissements, reconnaissaient leurs voix, étaient certaines de la place exacte où ils se trouvaient enterrés sous leurs pieds, et cela sans pouvoir leur porter aucun secours. La masse compacte qui recouvrait ces malheureux résistait à tous les efforts de ceux qui cherchaient à les délivrer.

(1) *Pinkerton's Voyages and Travels, vol. V.* — Note citée p. 150.

A Terranuova, quatre moines, de l'ordre des Augustins, qui s'étaient réfugiés dans une sacristie dont la voûte supportait une énorme quantité de décombres, firent entendre leurs cris pendant quatre jours. De tous les frères du couvent, un seul fut sauvé, « grâce à sa force extraordinaire qui lui permit de déblayer la masse énorme de débris qui avaient englouti ses compagnons. » Il entendit leurs voix s'éteindre peu à peu ; et quand, plus tard, les corps de ces malheureux furent retrouvés, leurs bras étaient entrelacés. On rapporte des exemples déchirants de mères qui furent sauvées après être restées ensevelies cinq, six, et même sept jours, quand leurs enfants avaient péri de faim.

On est naturellement porté à supposer que la vue de pareilles souffrances devait éveiller des sentiments d'humanité et de pitié dans les cœurs les plus barbares; et pourtant, chose incroyable! à part quelques actes d'héroïsme que l'on se plaît à citer, rien ne peut donner une idée de la conduite infâme que montrèrent, en général, les paysans Calabrais; ils abandonnèrent les fermes, et accoururent en foule dans les villes, non pour sauver leurs compatriotes d'une mort lente, mais pour piller. Sans s'inquiéter du danger, ils parcouraient les rues, au milieu des murs branlants et des nuages de poussière, foulant aux pieds les corps des blessés et de ceux qui étaient à moitié enfouis, et souvent les dépouillant de leurs vêtements, alors qu'ils respiraient encore (1).

Ce serait trop nous écarter du but de cet ouvrage que d'entrer dans de plus grands détails sur cette affreuse catastrophe; il faudrait d'ailleurs plusieurs volumes pour donner au lecteur une juste idée des souffrances qu'eurent à endurer les habitants d'un grand nombre de districts populeux, pendant les tremblements de terre qui eurent lieu dans le cours des cent cinquante dernières années. La simple mention qu'il

(1) Dolomieu. *Voyage de Pinkerton*, vol V.

périt cinquante ou cent mille personnes dans une seule de ces catastrophes ne donne aucune idée de toute l'étendue des calamités qu'occasionnent de pareils événements; c'est aux récits des témoins oculaires à nous apprendre sous quelles formes diverses la mort s'est présentée ; le nombre de ceux qui y échappèrent, soit avec quelques membres de moins, soit avec de très-graves blessures; et celui des malheureux qui se trouvèrent réduits à la plus extrême pénurie. On a souvent remarqué que ce sont surtout ceux qui ont été le plus fréquemment exposés aux tremblements de terre qui les redoutent le plus, tandis que dans presque tous les autres dangers, l'habitude du péril rend l'homme plus intrépide. La raison de ce fait est toute simple; — presque rien n'est imaginaire dans l'appréhension d'un événement de cette nature; le premier choc est souvent le plus destructeur, et comme il peut se manifester pendant le calme de la nuit, ou sans que rien, lors même qu'il arrive de jour, fasse pressentir son approche, aucune précaution ne saurait en garantir; et quand une fois la convulsion a commencé, il n'y a ni adresse, ni courage, ni présence d'esprit qui puissent faire trouver un lieu de sûreté. Pendant les intervalles plus ou moins longs qui s'écoulent entre les secousses les plus terribles, — intervalles qui peuvent être de plusieurs siècles, — de légers tremblements du sol se font sentir fréquemment, et comme ils précèdent quelquefois des commotions très-violentes, ils deviennent une cause d'anxiété et d'alarme. Or, on conçoit qu'une telle appréhension doive être seule une souffrance indicible.

Quoique des sentiments réellement religieux se trouvent souvent éveillés par ces terribles manifestations, il arrive plus ordinairement qu'un état habituel de frayeur et de découragement, ainsi que la persuasion de l'inutilité de tous les efforts humains, disposent l'esprit du vulgaire à la superstition la plus démoralisante.

Dans les lieux où les tremblements de terre sont fréquents,

Il ne saurait jamais y avoir de sécurité parfaite, quant aux propriétés, même sous le meilleur gouvernement; l'industrie ne peut être assurée de recueillir les fruits de son travail, et les actes de violence les plus hardis s'accomplissent quelquefois avec impunité, quand le bras de la loi est paralysé par la consternation générale. Est-il nécessaire d'ajouter que les progrès de la civilisation et de la fortune nationale doivent forcément se trouver retardés par des catastrophes qui renversent les villes, détruisent les ports, démolissent les ponts, rendent les routes impraticables, couvrent de lacs les plaines les plus fertiles des vallées, ou les encombrent des débris des collines voisines?

Sans doute, dans les régions exposées au retour fréquent de violentes secousses, l'expérience et les connaissances scientifiques pourraient fournir des moyens d'atténuer le mal.

En Calabre, les villes du moyen âge sont perchées, dans un but de défense et de sûreté, sur les sommets de collines isolées, sur lesquels, dit-on, elles sont secouées par chaque convulsion de tremblement de terre comme le sont les marins sur le sommet d'un mât (1). Les mêmes sites sont ordinairement flanqués de précipices, sur les bords desquels les édifices branlants sont facilement précipités avec la partie du sol qui sert de base à leurs fondements. Quand les villes sont assises dans une contrée plus ouverte, et construites suivant un certain plan, avec des matériaux convenables et bien disposés pour résister aux chocs, le danger de mort doit être sensiblement diminué. Au reste, les architectes paraissent avoir tout espoir de lutter avantageusement contre le désastre, car ils annoncent tous les jours que leurs maisons de Sicile sont bâties à l'épreuve des tremblements de terre.

Je tâcherai de montrer dans la suite que la tendance générale des mouvements souterrains, quand leurs effets sont con-

(1) Mallet, *Tremblement de terre napolitain de 1857*, vol. I, p. 30.

sidérés pendant un nombre de siècles suffisants, est éminemment avantageuse, et que ces mouvements constituent une partie essentielle du mécanisme qui maintient l'intégrité de la surface habitable du globe, et protége l'existence et la durée des continents. Pourquoi le travail de ce même système est-il accompagné de tant de calamités? C'est là un mystère qui dépasse de beaucoup les bornes de notre sagesse, et qui, probablement, restera impénétrable jusqu'à ce qu'il nous soit permis de porter nos investigations, non-seulement sur notre planète et sur ses habitants, mais sur d'autres parties encore du monde intellectuel et matériel avec lesquelles la terre et l'homme peuvent avoir des rapports. S'il était possible que nos observations s'étendissent jusqu'à d'autres mondes, et qu'indépendamment des événements accomplis dans un petit nombre de siècles, elles embrassassent également ceux qui ont eu lieu dans des espaces de temps aussi indéfinis que les périodes avec lesquelles la géologie nous a familiarisés, il est à croire que quelques contradictions apparentes disparaîtraient, et que bien des difficultés seraient éclaircies. Mais alors même, comme notre intelligence est finie, tandis que le système de l'univers peut être infini, tant à l'égard de la durée que de l'espace, il est présomptueux de supposer que toutes les causes de doute et d'incertitude seraient à jamais écartées. Peut-être, au contraire, le nombre en augmenterait-il à mesure que nous connaîtrions mieux toute la sagesse du plan de la Nature; car on a dit avec raison que plus le cercle de la lumière est grand, et plus s'étendent les limites de l'ombre qui l'entoure (1).

(1) Sir H. Davy, *Consolations in Travel*, p. 246.

CHAPITRE XXX.

TREMBLEMENTS DE TERRE (*suite*).

Tremblement de terre de Java, 1772. — Troncature d'un cône élevé. — Saint-Domingue, 1770. — Lisbonne, 1775. — Vaste étendue des régions ébranlées. — Retraite de la mer. — Explications proposées. — Baie de La Conception, 1750. — Élévation permanente. — Pérou, 1749. — Java, 1699. — Rivières obstruées par des éboulements. — Abaissement du sol, en Sicile, 1693. — Moluques, 1693. — Jamaïque, 1692. — Grandes étendues de terrain englouties. — Affaissement d'une portion de Port-Royal. — Somme des changements survenus pendant les 170 dernières années. — Élévation et abaissement du sol dans le golfe de Bayes. — Preuve d'un phénomène analogue, offerte par le temple de Sérapis.

Dans ce chapitre, je terminerai mes remarques sur les tremblements de terre du dix-huitième siècle, et passerai ensuite à ceux d'une date plus récente, sur lesquels on possède des renseignements qui peuvent avoir beaucoup d'intérêt pour les géologues.

Java, 1772. — Troncature d'un cône élevé. — En 1772, le Papandayang, autrefois un des volcans les plus élevés de l'île de Java, fit éruption. Avant que les habitants qui vivaient sur les flancs de la montagne eussent eu le temps de se sauver, le sol, dit-on, s'affaissa, et une grande partie du volcan s'enfonça et disparut. On estime qu'une étendue de 24 kilomètres de long sur 9,600 mètres de large, comprenant la montagne et ses environs immédiats, fut, par suite de la commotion, engouffrée dans les entrailles de la terre. Quarante villages furent détruits, les uns engloutis, les autres ensevelis sous les déjections volcaniques, et 2,957 habitants succombèrent. Un nombre proportionné de bétail périt également, et la plupart des plantations de cotonniers, d'indigotiers et de caféiers, qui se trouvaient dans les districts adjacents, furent enfouies sous les matières lancées par le volcan. Cette catastrophe, quoique sur une plus grande échelle, semble avoir été com-

parable à celle de l'ancien Vésuve, qui eut lieu en 79. La hauteur du cône fut réduite de 2,700 mètres à 1,500 mètres environ; et, comme des vapeurs se dégagent encore du cratère situé à son sommet, on peut s'attendre à ce qu'un cône nouveau s'élève un jour des ruines de l'ancienne montagne, comme le Vésuve moderne s'est élevé des débris de la Somma (1).

Junghuhn, qui examina la montagne en 1842, n'ayant pu trouver la preuve positive qu'il y eût eu un affaissement du sol, conclut que, s'il y en eut un, il dut avoir lieu près du sommet de l'ancien cône, ou bien sur le lieu même où se forma le nouveau. Il remarqua que la ville et les villages détruits se trouvaient fort éloignés du sommet de la montagne, et qu'ensevelis sous une masse de matières éjectées, ils semblaient avoir subi le même sort qu'Herculanum et Pompeï. Il reconnut enfin que l'affaissement de la montagne avait été probablement dû plutôt à l'explosion qu'à l'engloutissement.

Saint-Domingue, 1770. — Pendant un effroyable tremblement de terre qui détruisit une grande partie de Saint-Domingue, une multitude de fissures furent produites sur tous les points de l'île; il s'en dégagea des vapeurs méphitiques qui occasionnèrent une épidémie. *Des sources chaudes* jaillirent en plusieurs endroits où il n'y avait pas d'eau auparavant; mais, après un certain temps, elles cessèrent de couler (2).

Pendant un tremblement de terre qui avait eu lieu précédemment, en 1751, une violente secousse détruisit la capitale, Port-au-Prince; et une partie de la côte s'étant affaissée sur vingt lieues de long, donna naissance à un golfe, qui a toujours existé depuis (3).

(1) Dr Horsfield, *Batav. Trans.*, vol. VIII, p. 26. Le récit de Raffles (*Histoire de Java.*, vol. I) est emprunté à Horsfield.

(2) *Essai sur l'Hist. Nat. de l'Isle de Saint-Domingue.* Paris, 1776

(3) *Histoire de l'Académie des Sciences*, 1752, Paris.

Hindoustan, 1762. — La ville de Chittagong, dans le Bengale, fut fortement secouée par un tremblement de terre, le 2 avril 1762; la terre s'ouvrit en plusieurs endroits, et il en sortit un mélange d'eau et de boue d'où s'exhalait une odeur de soufre. Dans une localité connue sous le nom de Bardavan, une grande rivière fut desséchée; et à Bar Charra, près de la mer, une portion du sol s'enfonça, en occasionnant la mort de 200 personnes et de tout le bétail qui leur appartenait. On dit qu'une partie de la côte de Chittagong, comprenant un espace de 155 kilomètres carrés, s'affaissa subitement et d'une manière permanente, pendant ce tremblement de terre, et que Ces lung Toom, une des montagnes Mug, disparut entièrement, tandis qu'une autre s'abaissa tellement que son sommet seul resta visible. On rapporte aussi que quatre collines furent diversement déchirées de part en part, en laissant béantes des crevasses de 9 à 12 mètres de large. Des villes, qui s'enfoncèrent de plusieurs coudées, furent inondées d'eau; nous citerons entre autres Deep Gong, qui fut submergée jusqu'à la profondeur de sept coudées. Deux évents volcaniques s'ouvrirent, dit-on, dans les collines de Seeta Cunda. La secousse fut aussi ressentie à Calcutta (1). En même temps que la côte de Chittagong éprouvait un abaissement, une élévation du sol correspondante avait lieu dans l'ile de Ramree, et à Cheduba (Voy. la Carte, fig. 59, vol. 1, p. 769) (2).

Tremblement de terre de Lisbonne, 1755. — Son étendue. — Dans aucune partie de la région volcanique de l'Europe méridionale il n'y a eu, pendant les temps modernes, de tremblement de terre aussi terrible que celui qui commença le 1er novembre 1755, à Lisbonne. Aucun signe précurseur n'avait averti les habitants du danger qui les menaçait, lorsqu'un bruit semblable à celui du tonnerre se fit entendre sous

(1) *M'Clelland's Report on Min. Resources of India*, 1838, Calcutta. Pour d'autres détails, voy. *Phil. Trans.*, vol. III.
(2) *Journ. Asiat. Soc. Bengal.*, vol. X, p. 351, 433.

terre, et fut immédiatement suivi d'une violente secousse qui renversa la plus grande partie de cette ville. En six minutes environ, 60,000 personnes périrent. La mer se retira d'abord, et mit la barre à sec ; puis elle se précipita sur le rivage, en s'élevant de 15 mètres ou même plus, au-dessus de son niveau ordinaire. Les montagnes d'Arrabida, d'Estrella, de Julio, de Marvan et de Cintra, qui sont au nombre des points les plus élevés du Portugal, furent ébranlées violemment, et pour ainsi dire, jusque dans leurs fondations. Quelques-unes d'entre elles s'ouvrirent à leur cime, qui fut fendue et brisée d'une manière vraiment étrange ; d'énormes masses s'en détachèrent et tombèrent dans les vallées situées à leur base (1). On rapporte que des flammes, supposées de nature électrique, sortirent de ces montagnes, et qu'il s'en dégagea de la fumée ; mais il se pourrait que de grands nuages de poussière eussent donné lieu à cette apparence.

Affaissement du quai. — Parmi les autres événements extraordinaires du tremblement de terre à Lisbonne, on cite l'affaissement d'un nouveau quai tout en marbre, et qui avait été bâti à grands frais. Une multitude de personnes s'y étaient réfugiées, pensant qu'elles y seraient à l'abri de la chute des décombres, lorsque tout à coup le quai s'enfonça avec tous ceux qui s'y croyaient en sûreté, et l'on ne revit pas un seul cadavre des victimes flotter à la surface des eaux. Un grand nombre de bateaux et de petits bâtiments amarrés près de là, et remplis de monde, furent engouffrés comme dans un tournant (2), et jamais aucun débris n'en reparut à la surface. Suivant quelques auteurs, la sonde, dans l'emplacement qu'occupait l'ancien quai, n'avait pu atteindre le fond de la mer ; mais Whitehurst dit en avoir déterminé la profondeur, qu'il trouva être de 100 brasses (3).

(1) *Hist. et Phil. des Tremblements de Terre*, p. 317.

(2) *Lettres du rév. C. Davy*, vol. II, Lettre II, p. 12. Cet auteur, qui se trouvait à Lisbonne lors de la catastrophe, assure que les bateaux et bâtiments que l'on dit avoir été engloutis, ne se retrouvèrent pas.

(3) *Sur la formation de la terre*, p. 55.

Grâce aux détails circonstanciés que renferment les récits contemporains, j'appris, en 1841, de M. F. Freeman, que le Tage, en aucun point, ne présente une profondeur de plus de 9 mètres, aux hautes eaux, et qu'un examen de l'emplacement du nouveau quai, joint aux renseignements que l'on avait sur la date de son établissement et sur son mode de construction, laissait tout à fait incompréhensible le fait du grand affaissement qui avait eu lieu en 1755. Peut-être une cavité profonde et étroite, analogue à celle que nous avons déjà décrite en Calabre (p. 160), s'est-elle ouverte et refermée ensuite dans le lit du Tage, après avoir englouti les édifices et les bâtiments qui se trouvaient au-dessus; cela n'est pas impossible, car nous avons déjà vu que les bords de pareilles ouvertures se rapprochent parfois tout d'un coup après la secousse, ou d'autres fois d'une manière lente et graduelle, lorsqu'elles se sont formées dans un terrain composé de couches à matériaux tendres et meubles. Suivant les observations faites à Lisbonne, en 1837, par M. Sharpe, les effets destructeurs de ce tremblement de terre furent limités aux strates tertiaires, et se manifestèrent avec le plus de violence dans l'argile bleue, sur laquelle est construite la partie basse de la ville. Pas une seule construction, dit-il, reposant sur le calcaire secondaire ou sur le basalte ne fut endommagée (1).

L'espace considérable sur lequel sévit cette convulsion est extrêmement remarquable. On a estimé, dit Humboldt (2), que la portion de la surface du globe qui fut immédiatement ébranlée par le choc du 1er novembre 1755, est égale à quatre fois l'étendue de l'Europe entière. La secousse se fit sentir dans les Alpes, et sur la côte de la Suède, dans les petits lacs intérieurs qui se trouvent sur les bords de la Baltique, dans la Thuringe, dans la contrée plate de l'Allemagne septentrionale et dans la Grande-Bretagne. Les sources thermales de Töplitz

(1) *Geol. Soc. Proceedings*, n° 60, p. 36, 1838.
(2) *Cosmos*, vol. 1.

furent taries, et rejaillirent ensuite, en inondant tout le pays d'une eau, couleur d'ocre. Dans les îles d'Antigoa, dans les Barbades, et à la Martinique, dans les Antilles, la marée qui ne monte ordinairement qu'à la hauteur de 0m60, s'éleva subitement à celle de 6 mètres; l'eau avait perdu sa couleur naturelle et était noire comme de l'encre. Le mouvement fut également sensible dans les grands lacs du Canada. A Alger et à Fez, au nord de l'Afrique, l'agitation du sol fut aussi violente qu'en Espagne et dans le Portugal; et à huit lieues de Morocco, un village et ses habitants au nombre de huit ou dix mille, furent engouffrés avec tout le bétail qui s'y trouvait; bientôt après la terre se referma sur eux.

Secousses ressenties en mer. — Le choc fut ressenti en mer, sur le pont d'un vaisseau, à l'ouest de Lisbonne, et produisit, à peu de chose près, la même sensation qu'à terre. En vue de San Lucar, un vaisseau, *le Nancy*, fut si violemment ébranlé que le capitaine crut avoir touché le fond; mais en jetant la sonde, il reconnut au contraire qu'il se trouvait dans une eau très-profonde. Par 36° 24′ de latitude nord, le Capitaine Clark, venant de Denia, sentit, entre 9 et 10 heures du matin, son vaisseau agité et poussé comme s'il eût donné contre un rocher; la secousse fut si forte, que les écoutilles du pont s'ouvrirent et que la boussole fut renversée dans l'habitacle. Un autre vaisseau, à quarante lieues à l'ouest de Saint-Vincent, éprouva une si violente commotion, que les hommes qui se trouvaient sur le pont furent soulevés de 0m45.

Vitesse du mouvement. — Une agitation extraordinaire se manifesta dans les lacs, dans les rivières et dans les sources de la Grande-Bretagne. Ainsi, au lac Lomond, en Écosse, l'eau, sans la moindre cause apparente, s'éleva jusqu'au bord de ce lac, et retomba ensuite au-dessous de son niveau ordinaire. Cette circonstance s'explique en supposant que l'eau ne participe pas à l'impulsion imprimée subitement au sol, et qu'elle

vient heurter contre le côté du bassin d'où part la secousse. La plus grande hauteur perpendiculaire de cette crue fut de 0m71. On prétend que le mouvement de ce tremblement de terre fut ondulatoire et que sa vitesse était de 32 kilomètres par minute ; — mesure que l'on obtint en comparant les intervalles qui s'écoulèrent entre le moment où le premier choc fut ressenti à Lisbonne, et celui où il se manifesta en plusieurs autres lieux éloignés (1).

Grande vague et retraite de la mer. — Une grande vague balaya la côte d'Espagne et atteignit, dit-on, à Cadix, jusqu'à 18 mètres de hauteur. A Tanger, en Afrique, elle s'éleva et s'abaissa dix-huit fois successivement sur la côte. A Funchal, dans l'ile de Madère, elle dépassa de 4m50, mesurés verticalement, la marque des hautes eaux, quoique la marée, qui monte et descend de 2m10 en ce lieu, fût alors à moitié de sa course descendante. De plus, elle entra dans la ville, y fit de grands ravages et inonda plusieurs autres ports de l'ile. A Kinsale, en Irlande, une masse d'eau se précipita dans le havre ; elle tourbillonna autour de quelques vaisseaux, et se répandit sur la place du marché.

Nous avons déjà vu qu'à Lisbonne la mer s'était d'abord retirée ; or, cette retraite de l'océan, au commencement d'un tremblement de terre, suivie de son retour sous la forme d'une vague impétueuse, est une circonstance qui se reproduit fréquemment. Pour expliquer le phénomène, Michell suppose une dépression du fond de la mer, résultant de l'enfoncement de la partie supérieure de quelque cavité, dû lui-même au vide qu'entraîne la condensation de la vapeur. Cette condensation, observe-t-il, pourrait être le premier effet de l'introduction d'une masse d'eau considérable dans des fissures et dans des cavités déjà remplies de vapeur, avant qu'il se soit écoulé un temps suffisant pour que la chaleur de la lave incan-

(1) *Geol. Soc. Proceedings*, n° 60, p. 36, 1838.

descente ait pu vaporiser une aussi grande quantité d'eau, — circonstance qui, ne tardant point à s'accomplir, donne lieu à une forte explosion.

Une autre explication a été proposée : — On admet d'abord le soulèvement subit de la terre ferme, et, par suite, l'abandon immédiat de l'ancienne ligne de côte par la mer ; puis, on suppose que si le rivage, après avoir été ainsi soulevé, retombait à son niveau primitif, la mer reviendrait à sa place. Cette théorie, toutefois, ne rend pas compte des faits observés pendant le tremblement de terre de Lisbonne ; car la retraite de la mer précéda la vague, non-seulement sur la côte du Portugal, mais aussi dans l'île de Madère, et en plusieurs autres localités. Si le soulèvement de la côte du Portugal avait occasionné la retraite des eaux, leur mouvement, en se propageant jusqu'à Madère, eût donné naissance à une vague avant le fait de la retraite.

Le choc fut transmis, à travers la terre, de Lisbonne à Madère, en 25 minutes, et la vague parcourut la même distance en deux heures et demie, ce qui s'accorde parfaitement avec le temps que mit la secousse à atteindre d'autres points également éloignés. On ne peut donc pas expliquer le grand mouvement des eaux à Madère, par un soulèvement local et momentané de la croûte solide de la terre ; car, il faudrait admettre alors que l'élévation du rivage a eu lieu précisément dans la première période de la catastrophe, ou 25 minutes après la production du choc à Lisbonne. De plus, on verra dans la suite, p. 197, que dans les lieux qui présentent, comme à Madère, une mer profonde près d'un rivage très-escarpé, l'onde terrestre ne peut pas occasionner la retraite des eaux.

On a aussi essayé de résoudre le problème de la manière suivante : — Supposons qu'une portion du lit de la mer soit subitement soulevée, — le premier effet qui en résultera sera d'élever au-dessus de la partie exhaussée une masse liquide,

que sa force vive entraînera à un niveau de beaucoup supérieur à celui qu'elle prendra ensuite, — circonstance qui donne lieu à la retraite de l'océan, c'est-à-dire à son éloignement des côtes voisines, suivi immédiatement du retour de l'eau déplacée, qui, à son tour, sera poussée, en vertu de sa vitesse acquise, beaucoup plus loin et plus haut sur la côte qu'elle ne s'y trouvait à son ancien niveau (1).

M. Darwin, en parlant de vagues semblables qu'on observe sur la côte du Chili, émet l'opinion que « l'ensemble du phénomène est dû à une de ces ondulations qui se forment ordinairement dans l'eau, lorsqu'elles proviennent d'une ligne ou d'un point d'ébranlement situé à quelque distance. Si l'on observe, ajoute-t-il, les vagues produites par le mouvement des palettes d'un bâtiment à vapeur, quand elles viennent se briser sur le bord incliné d'une rivière tranquille, on voit l'eau se retirer d'abord de 0^m60 ou 0^m90, puis revenir sous forme de petits brisants, tout à fait analogues à ceux qui résultent d'un tremblement de terre. Les vagues de tremblement de terre ne se produisent quelquefois qu'après la secousse, l'eau se retirant d'abord des rivages du continent et des îles éloignées, et revenant ensuite en formant d'énormes brisants, dont le volume est modifié par la configuration de la côte voisine. En effet, on a reconnu dans l'Amérique du Sud que les lieux situés à l'entrée de baies à hauts-fonds ont été excessivement maltraités, tandis que des villes comme Valparaiso, placées tout à fait sur le bord d'une mer profonde, n'ont jamais été inondées, quoique fortement ébranlées par des tremblements de terre (2). »

Plus récemment (février 1846), M. Mallet, dans son mémoire déjà cité (p. 176) s'est appliqué à faire concourir à l'explication de ce difficile sujet les connaissances les plus avancées

(1) *Quarterly Review*, n° LXXXVI, p. 459.

(2) *Darwin's Travels in South America*, etc., 1832 à 1836. *Voyage of H. M. S. Beagle*, vol. III, p. 377.

qu'on ait acquises, dans ces dernières années, sur la vraie théorie des vagues. Suivant lui, lorsque la secousse prend son origine au-dessous d'un océan profond, il se forme deux ondulations, l'une qui se propage à travers la terre, et l'autre qui se produit avec une vitesse inférieure à la surface de l'eau. Cette dernière arrive sur la côte, longtemps après que la première s'est manifestée sur la terre ferme et s'y est éteinte. Quoiqu'il soit tout à fait contraire aux notions reçues sur les corps solides d'admettre que ces corps peuvent transmettre, avec une aussi grande vitesse, des mouvements analogues à ceux des vagues de marée, il n'en paraît pas moins certain que de pareilles ondulations se produisent, et, qu'en tout point donné par où passe la secousse, chaque molécule de la terre solide décrit une ellipse dans l'espace environnant. La facilité avec laquelle toutes les molécules d'une masse solide peuvent être mises en vibration se démontre, dit Gay-Lussac, par un grand nombre d'exemples connus de tout le monde. Qu'on applique l'oreille contre l'une des extrémités d'une longue pièce de bois, et que l'on écoute attentivement lorsqu'on frappe l'autre extrémité avec une tête d'épingle, et l'on entend distinctement le choc ; ce qui prouve que chaque fibre du bois a été mise en vibration dans toute sa longueur. Le fracas des voitures sur le pavé ébranle les édifices les plus vastes, et l'on a reconnu que, dans les carrières situées au-dessous de certains quartiers de Paris, le mouvement se communique à travers une épaisseur considérable de roche (1).

La grande vague de mer, se produisant directement au-dessus du centre d'ébranlement, se propage, ainsi que l'a très-bien constaté Michell, dans toutes les directions, comme le cercle qui se forme à la surface d'un étang lorsqu'on y jette une pierre, et avec une vitesse de mouvement qui varie avec la profondeur de l'eau. Cette vague de mer, dit M. Mallet, est

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, t. XXII, p. 428.

soulevée par l'impulsion du choc qui se produit immédiatement au-dessous et qui, dans les grands tremblements de terre, soulève perpendiculairement le sol à 0m60 ou 0m90. La vitesse de la secousse ou de l'ondulation terrestre est plus grande, parce qu'elle est « fonction de l'élasticité de la croûte solide du globe, tandis que celle de la vague dépend de la profondeur de la mer. »

« Bien que l'onde terrestre, dans son passage au-dessous du lit profond de l'océan, ne manifeste aucun signe de sa marche, elle n'est pas plus tôt arrivée dans des sondages ou hauts-fonds, qu'elle donne naissance à une autre vague plus petite de la mer. Elle transporte, pour ainsi dire, sur sa croupe, cette ondulation aqueuse d'un moindre volume, — monticule d'eau long et étroit qui correspond à sa génératrice, sous le rapport de la forme et de la vitesse, ayant été poussée de bas en haut par le soulèvement partiel du fond. C'est cette petite vague, appelée en termes techniques « vague forcée », qui communique aux vaisseaux en mer la secousse de tremblement de terre, analogue à celle qu'ils éprouvent lorsqu'ils viennent à donner contre une roche. Arrivée sur la côte en même temps que la secousse, cette vague s'y brise, et, par suite, les eaux paraissent quelquefois se retirer un peu du rivage, pour y revenir aussitôt à une hauteur supérieure à celle de la marque ordinaire des marées. Ce dernier phénomène se produira sur les points où le rivage est très-incliné, — circonstance qu'offrent ordinairement les côtes baignées par une mer profonde, — car alors l'onde terrestre très-aplatie sera douée d'une vitesse telle, qu'elle s'échappera, pour ainsi dire, de son enveloppe pour se précipiter dans le fluide au-dessus ; c'est ainsi qu'elle agit au moment d'atteindre le rivage, qu'elle élève verticalement d'une hauteur égale à sa propre hauteur, et laisse retomber instantanément à son ancien niveau. »

« En même temps que la secousse propagée à travers la terre solide a ainsi parcouru avec une extrême rapidité la distance

qui la sépare du continent, la grande vague de mer la suit d'un pas plus lent, quoique avançant avec une vitesse de plusieurs kilomètres à la minute. Dans l'océan profond, cette vague consiste en une tumescence basse et allongée d'un énorme volume, offrant à ses deux extrémités une inclinaison si égale et si douce, qu'elle pourrait passer, sans être remarquée, sous la coque d'un navire. Mais quand elle atteint la crête des récifs ou hauts-fonds, son front se replie, se raccourcit et devient plus menaçant, comme celui de la vague de marée dans des circonstances analogues, tandis que son arrière s'allonge et s'incline doucement. Si l'eau se trouve avoir une certaine profondeur tout près du rivage, cette grande vague se déroulera le long du bord après la secousse, et occasionnera peu de dommages; mais si le rivage est en pente, les eaux commenceront par s'en éloigner, et puis la vague viendra s'y briser, en se précipitant au loin dans l'intérieur des terres (1). Nous ne nous occuperons pas pour l'instant des diverses opinions émises par Michell et par des auteurs plus récents, sur les causes éloignées des chocs de tremblement de terre dans l'intérieur du globe; leur discussion sera mieux placée dans le chapitre XXXIII.

Chili, 1751. — Le 24 mai 1751, l'ancienne ville de la Conception, appelée aussi Penco, fut entièrement détruite par un tremblement de terre, et la mer la recouvrit (Voy. le plan du golfe, fig. 104, p. 117). L'ancien port fut rendu inutile, et les habitants construisirent une autre ville à 16 kilomètres environ de la côte, afin de se mettre hors d'atteinte de semblables inondations. Vers le même temps, une colonie récemment établie sur les côtes de Juan Fernandez fut presque entièrement engloutie par une vague qui vint se briser sur le rivage.

Nous avons déjà vu qu'en 1835, ou 84 ans après la des-

(1) Mallet, *Proceed. Roy. Irish. Acad.*, 1846.

truction de Penco, la même côte fut engloutie par une vague semblable qui s'élança de la mer pendant un tremblement de terre. On sait aussi que 21 ans auparavant (en 1730), une vague du même genre s'était précipitée sur ces rives malheureuses, et avait entraîné la mort d'un grand nombre de personnes. Une revue rétrospective de catastrophes pareilles a été poussée jusqu'en 1590 (1), époque au delà de laquelle les seules données que l'on possède proviennent de la tradition orale. Molina, qui a recueilli les légendes et les récits relatifs aux coutumes des aborigènes, nous dit qu'une tradition en vigueur chez les Indiens Araucaniens, — tribu qui habite la région située entre les Andes et le Pacifique, et qui comprend le pays qu'on nomme aujourd'hui le Chili, — faisait mention d'un grand déluge, qui n'avait épargné que le petit nombre d'individus qui s'étaient réfugiés sur une haute montagne à trois pitons, et appelée Thegtheg, « la Tonnante. » Chaque fois qu'un tremblement de terre violent se manifeste, les Indiens vont chercher un refuge sur les montagnes, craignant, disent-ils, qu'après la secousse, la mer ne revienne et n'inonde le monde entier (2).

Malgré la tendance des auteurs de son temps à rapporter tous les déluges traditionnels à une époque reculée, Molina remarque que ce déluge des Araucaniens « fut probablement très-différent de celui de Noé. » Bien que nous n'ayons, il est vrai, aucun moyen de fixer approximativement l'époque à laquelle cette tribu habita le Chili, nous ne pouvons guère douter, si les informations qu'elle nous a transmises remontent seulement à trois ou quatre siècles, que plusieurs invasions de la mer n'aient dû avoir lieu dans le cours de cette période. Mais le souvenir d'une suite d'événements physiques, semblables quant à leur nature, quoique différents sous le

(1) Voy. l'ouvrage du père Acosta, et sir Woodbine Parish, *Geol. Soc. Proceed.*, vol. II, p. 215.
(2) Molina, *Histoire du Chili*, vol. II.

rapport des temps où ils se sont produits, ne peut jamais se conserver chez un peuple dépourvu d'annales écrites. Avant que deux ou trois générations aient passé, toutes les dates sont oubliées ; les événements eux-mêmes le sont aussi, à moins qu'ils n'aient servi d'origine à quelques coutumes ou à quelques cérémonies et rites religieux. Souvent les incidents relatifs à plusieurs tremblements de terre et à plusieurs déluges différents sont confondus dans le même récit ; et dans ce cas, la catastrophe principale est décrite en termes si exagérés, ou tellement défigurée par des fictions religieuses, qu'elle se montre tout à fait sans valeur aux yeux de l'homme adonné aux sciences.

Preuves d'un exhaussement de la côte. — Pendant une reconnaissance exécutée récemment à la baie de la Conception, les Capitaines Beechey et sir E. Belcher ont reconnu que l'ancien port, où mouillaient autrefois tous les grands vaisseaux marchands qui doublaient le Cap, est actuellement fermé par un récif de grès dont certains points, au moment des basses eaux, dépassent le niveau de la mer, la plus grande partie de ce récif se trouvant à une très-faible profondeur. Un espace de 2,400 mètres de longueur, où l'eau, suivant le dire des habitants, avait autrefois 4 ou 5 brasses de profondeur, forme aujourd'hui un haut-fond, consistant, ainsi que l'ont constaté nos hydrographes, en un grès dur, — ce qui ne permet pas de supposer qu'il doive sa formation à des dépôts récents de la rivière Biobio, dont un bras transporte du sable micacé incohérent dans la même baie.

Il est impossible d'affirmer, après un tel intervalle de temps, que le lit de la mer s'est élevé de 7m30 pendant le seul tremblement de terre de 1751, car d'autres mouvements peuvent s'être produits ultérieurement ; mais on dit que jamais, depuis la secousse de 1751, aucun vaisseau n'a pu s'approcher de 2,400 mètres de l'ancien port de Penco (Voy. la carte, p. 117). Comme preuve de l'ancienne élévation de

la côte dans le voisinage de Penco, nos ingénieurs découvrirent au-dessus de la marque des hautes eaux un énorme lit de coquilles appartenant aux mêmes espèces que celles qui vivent actuellement dans la baie, et remplies de sable micacé identique à celui que la rivière Biobio y charrie aujourd'hui. Ces coquilles, ainsi que d'autres, dont les collines voisines de micaschiste sont couvertes jusqu'à la hauteur de plusieurs mètres, ont été dernièrement examinées à Londres par des conchyliologistes expérimentés, et reconnues identiques avec celles qui furent en même temps recueillies vivantes dans la baie et dans ses environs (1).

Ulloa a donc été parfaitement exact en disant qu'à diverses hauteurs au-dessus de la mer, entre Talcahuano et la Conception, « on trouva des dépôts de plusieurs sortes de coquilles exploités pour faire de la chaux, et que ces coquilles appartenaient précédemment aux mêmes espèces que celles de la mer voisine. » Dans le nombre, il cite la grande bivalve appelée Choros, et deux autres dont il donne la description. Quelques-unes, dit-il, sont entières et d'autres sont brisées ; elles se rencontrent au fond de la mer, à 4, 6, 10 ou 12 brasses de profondeur, où elles adhèrent à une plante marine appelée Cochayuyo. On les prend dans des drèges, et elles n'ont aucune ressemblance avec celles que l'on trouve sur le rivage ou dans les eaux peu profondes ; cependant on en rencontre des lits à diverses hauteurs sur les collines. « La vue de ces coquilles, » ajoute-t-il, « excita d'autant plus mon intérêt qu'elles me parurent une preuve convaincante de l'universalité du déluge, bien que je n'ignore pas que certains auteurs attribuent leur position à d'autres causes (2). » On a prétendu, toutefois, que les fondations du château de Penco étaient si basses en 1835, ou si peu élevées au-dessus des

(1) Le capitaine Belcher m'a montré ces coquilles, et la collection en a été examinée par M. Broderip.

(2) *Ulloa's Voyage to South America*, vol. II, liv. VIII, ch. VI.

grandes marées les plus hautes, que cela renversait toute idée de soulèvement permanent dans les temps modernes, sur l'emplacement de cet ancien port; mais aucune mesure, ni aucun nivellement exacts ne paraissent encore avoir été exécutés pour déterminer ce fait, qui mérite d'autant plus de fixer l'attention des observateurs, qu'il serait de nature à répandre quelque clarté sur une opinion souvent émise dans ces dernières années, — savoir, que la côte du Chili tend, après chaque soulèvement, à s'abaisser graduellement et à revenir à son ancienne position.

Pérou, 1746. — Le 28 octobre 1746, le Pérou fut visité par un tremblement de terre effroyable. Dans les vingt-quatre premières heures, on compta deux cents secousses. Deux fois l'océan s'éloigna du rivage, et deux fois il s'y précipita avec impétuosité: Lima fut détruite, et une partie de la côte, près de Callao, fut convertie en un golfe; quatre autres ports, parmi lesquels étaient Cavalla et Guanape, partagèrent le même sort. Sur vingt-trois bâtiments, grands et petits, qui se trouvaient dans le port de Callao, dix-neuf coulèrent à fond; les quatre autres, au nombre desquels il y avait une frégate, la *Saint-Fermin*, furent entraînés par la force des vagues jusqu'à une grande distance dans l'intérieur du pays, et laissés à sec à des hauteurs considérables au-dessus de la mer. Le nombre des habitants de Callao s'élevait à quatre mille. Deux cents seulement furent sauvés, parmi lesquels vingt-deux trouvèrent leur salut sur un petit fragment du fort de la Vera Cruz, qui resta comme unique souvenir de la ville après cette épouvantable inondation. D'autres portions de l'emplacement qu'elle avait occupé furent entièrement recouverts de monceaux de sable et de gravier.

Un volcan de Lucanas fit éruption pendant la même nuit, et de son côté rejeta une telle quantité d'eau que toute la contrée en fut inondée. Près de Pataz, dans la montagne appelée « Conversiones de Caxamarquilla », trois autres volcans écla-

tèrent, et d'énormes torrents d'eau en descendirent en balayant leurs flancs (1).

On cite plusieurs exemples de commotions plus anciennes qui eurent lieu au Pérou, et qui furent accompagnées d'invasions semblables de la mer. Lors d'une de ces convulsions qui s'était manifestée cinquante-neuf ans auparavant (en 1687), l'océan, suivant Ulloa, après s'être retiré d'abord, se précipita sur le rivage sous la forme d'une vague semblable à une montagne, et engloutit Callao ainsi que ses environs, avec tous les malheureux qui s'y trouvaient (2). Suivant Lionel Wafer, cette même vague entraina plusieurs vaisseaux à une lieue de distance dans l'intérieur des terres, et noya les hommes et le bétail sur une étendue de cinquante lieues le long du rivage (3). Diverses inondations, remontant à des époques encore plus anciennes, sont mentionnées avec le plus grand soin par Ulloa, Wafer, Acosta et plusieurs autres auteurs, qui les décrivent comme ayant surtout exercé leurs ravages, les unes sur telle partie de la côte, et les autres sur telle autre.

Mais tous les récits authentiques cessent lorsqu'on remonte à l'époque de la conquête du Pérou par les Espagnols. Les anciens Péruviens, quoique fort éloignés de l'état de barbarie, n'avaient point d'annales écrites, et ne pouvaient, par conséquent, conserver un souvenir bien précis d'une longue suite d'événements naturels. Ils possédaient pourtant, suivant Antonio de Herrera, qui étudia avec soin leurs antiquités, vers le commencement du dix-septième siècle, une tradition mentionnant « que plusieurs années avant le règne des Incas, à une époque où le pays était très-peuplé, il y eut une grande inondation ; que la mer alors franchissant ses limites, la terre fut couverte d'eau, et que tous les habitants

(1) *Ulloa's Voyage to South America*, vol. II, liv. VII, ch. VII.
(2) *Ibid.*, vol. II, p. 82.
(3) Wafer, cité par sir W. Parish, *Geol. Soc. Proceedings*, vol. II, p. 215.

de cette région périrent. Les Guacas, tribu qui occupait la vallée de la Xausca, et les naturels de Chiquito, dans la province de Callao, ajoutèrent à cela que quelques individus, réfugiés dans les anfractuosités et dans les cavernes des plus hautes montagnes, revinrent ensuite dans le pays et le repeuplèrent. D'autre part, des habitants de la montagne affirment que tout le monde périt dans ce déluge, à l'exception de six personnes qui se sauvèrent dans un radeau et devinrent, dans cette contrée, la souche de toute une nouvelle population (1). »

Sur la terre ferme, près de Lima, et dans l'île voisine de San Lorenzo, M. Darwin a trouvé des preuves qui attestent le soulèvement de l'ancien lit de la mer à plus de 24 mètres au-dessus, du niveau des eaux depuis l'apparition de l'homme sur la terre. Il découvrit, en effet, à cette hauteur, des strates renfermant des fragments de coton filé et de jonc tressé, mêlés avec des plantes et des coquilles marines (2). M. Gill, ingénieur civil, informa M. Darwin qu'il avait trouvé, dans l'intérieur du pays, près de Lima, entre Casma et Huaraz, le lit desséché d'une grande rivière, creusé parfois dans une roche solide, et dont la pente, au lieu de remonter constamment du côté de sa source, descend, au contraire, en un certain point, rapidement dans cette direction, — circonstance qu'explique la chaîne ou ligne de collines soulevée précisément en travers du lit du courant, qui aujourd'hui se trouve voûté. Par suite de ces changements, les eaux ont pris un autre cours; et un district, jadis fertile, encore couvert de ruines, et portant les marques d'une ancienne culture, a été converti en désert (3).

Java, 1699. — Le 5 janvier 1699, un tremblement de terre effroyable se fit sentir à Java, et l'on compta jusqu'à deux

(1) *Hist. of America*, décad. III, liv. XI, ch. 1.
(2) *Darwin's Journal*, p. 451.
(3) *Ibid.*, p. 413.

cent huit secousses très-violentes. Plusieurs maisons furent renversées à Batavia, d'où l'on voyait les flammes et d'où l'on entendait le bruit d'une éruption volcanique, que l'on reconnut plus tard s'être manifestée au mont Salek (1), volcan situé à six journées de marche. Le matin suivant, la rivière qui arrosait Batavia, et qui prend sa source dans cette montagne de Salek, se gonfla, se chargea de limon et charria en abondance des arbustes et des arbres à demi brûlés. Le lit de la rivière étant barré, l'eau inonda le pays et se répandit autour des jardins situés près de la ville et dans quelques rues, de sorte qu'on y voyait une grande quantité de poissons morts. Le limon qui troublait les eaux fit aussi périr tout le poisson, les carpes exceptées, qui restait dans la rivière. Un grand nombre de buffles, de tigres, de rhinocéros, de daims, de singes et d'autres animaux sauvages furent noyés et entraînés par le courant; et, ainsi que Hooke l'observe, « quoique le crocodile soit amphibie, plusieurs de ces reptiles furent trouvés morts parmi les autres animaux (2). »

Il a été constaté que sept collines servant de limite à la rivière s'éboulèrent; et l'on doit entendre par là, comme par ce qui a été dit dans la description des tremblements de terre de la Calabre, que sept glissements considérables de terrain eurent lieu. Ces collines qui descendirent, les unes sur un des côtés de la vallée, et les autres sur le côté opposé, comblèrent le lit de la rivière, dont les eaux alors, se frayant un passage au-dessous de la masse, coulèrent troubles et bourbeuses. Le cours de la rivière Tangaran fut également intercepté par la chute de neuf collines, et par la grande quantité d'arbres que ses eaux avaient entraînés. On prétend aussi que sept de ses affluents furent « envahis par les terres. » Une vaste étendue de forêt, située entre les deux grandes rivières dont nous avons déjà parlé, est décrite comme ayant été

(1) Misspolt, *Sales*, dans la relation de Hooke.
(2) *Œuvres posthumes* de Hooke, p. 437, 1705.

transformée en une plaine dépourvue d'arbres, et à la surface couverte d'une argile rouge très-fine. Il serait possible que cette partie du récit s'appliquât purement au glissement de quelques terrains boisés dans les vallées, et que les effets produits en cette occasion fussent analogues à ceux qui, en 1783, résultèrent, dans la Calabre, du déplacement de plusieurs pièces de terre considérables, plantées de vignes et d'oliviers. L'agglomération serrée des grands arbres dans la rivière de Batavia est représentée comme très-remarquable, en ce qu'elle atteste d'une manière frappante la destruction du sol qui bordait les vallées, et qui ne peut être attribuée qu'à des inondations et à des glissements de terrain (1).

Quito, 1698. — Pendant un tremblement de terre qui eut lieu le 19 juillet 1698, dans la province de Quito, une grande partie du cratère et du sommet du volcan de Carguairazo s'écroula, et un courant d'eau et de boue sortit des flancs brisés de la colline (2).

Sicile, 1693. — En 1693, des secousses de tremblement de terre se firent sentir dans toute la Sicile, et le 11 janvier la ville de Catane et quarante-neuf autres localités furent détruites ; il périt plus de cent mille personnes. Le fond de la mer, dit Vicentino Bonajutus, s'abaissa d'une manière considérable, tant dans les ports et les baies fermées que dans les parties ouvertes de la côte, et l'eau bouillonna le long des rivages. Un grand nombre de fissures, assez étendues en longueur et dont la largeur était variable, s'ouvrirent et projetèrent de l'eau sulfureuse. Une d'elles, que l'on observait dans la plaine de Catane (dans le delta du Simeto), à la distance de 6,400 mètres de la Méditerranée, émit de l'eau aussi salée que celle de la mer. Les constructions en pierre d'une des rues de la ville de Noto s'enfoncèrent sur une longueur de 800 mètres, en restant suspendues d'un côté. Dans une autre rue, il se

(1) *Phil. Trans.*, 1700.
(2) Humboldt, *Atl. Pit.*, p. 106.

produisit une ouverture assez grande pour engloutir un homme et un cheval (1).

Iles Moluques, 1693. — La petite île de Sorea, qui consiste en un grand volcan, fit éruption en 1693. Différentes parties du cône s'effondrèrent successivement et tombèrent dans un cratère profond, jusqu'à ce que près de la moitié de l'île fût convertie en un lac de feu. La plupart des habitants se réfugièrent à Banda ; mais, d'énormes fragments de la montagne continuant à s'écrouler, le lac de lave s'agrandit de plus en plus, et finalement la population tout entière fut forcée d'émigrer. On a constaté qu'à mesure que le lac brûlant augmentait d'étendue, les tremblements de terre diminuaient d'intensité (2).

Jamaïque, 1692. — Affaissement du port. — En 1692, l'île de la Jamaïque fut visitée par un violent tremblement de terre ; le sol se gonflait et se soulevait comme une mer agitée, et de plus il était sillonné de nombreuses crevasses, dont deux ou trois cents furent vues s'ouvrir à la fois et se refermer ensuite subitement. Un grand nombre de personnes furent englouties dans ces fissures ; quelques-unes ne furent ensevelies que jusqu'à moitié corps, et ne résistèrent pas aux étreintes du sol ; plusieurs autres avaient la tête seule hors de terre ; d'autres, enfin, après avoir été englouties, furent rejetées à la surface avec de grandes quantités d'eau. La dévastation fut telle que, même à Port-Royal, alors capitale de la Jamaïque, où l'on dit qu'il resta plus de maisons debout que dans tout le reste de l'île, les trois quarts des constructions s'enfoncèrent entièrement sous l'eau avec le sol qui les supportait et avec tous leurs habitants.

Les grands magasins situés sur un des côtés du port s'affaissèrent de manière à se trouver à 7m10 et 14 mètres sous l'eau ; cependant plusieurs d'entre eux paraissent être restés

(1) *Phil. Trans.*, 1693-94.

(2) De La Bèche, *Manual of Geology*, p. 133, 2e édit.

debout en s'enfonçant, car on a constaté qu'après le tremblement de terre, les têtes de mâts de plusieurs vaisseaux échoués dans le port se voyaient au-dessus des vagues, ainsi que le sommet des cheminées des maisons. Une étendue de terrain d'environ 404hect 671 qui environnait la ville s'enfonça en moins d'une minute pendant la première secousse, et fut immédiatement envahie par la mer. La frégate *le Cygne*, qui était en radoub dans le port, fut lancée sur le faîte de plusieurs édifices, et rejetée ensuite sur un des toits où elle se brisa. La largeur d'une des rues fut doublée, dit-on, par suite du tremblement de terre.

Suivant sir H. de La Bèche, la partie de Port-Royal que l'on dit s'être enfoncée était bâtie sur un sol sableux nouvellement formé, dans lequel on avait planté des pilotis ; et il attribue au *tassement* de ce sable meuble, qui était chargé de bâtiments fort lourds, l'affaissement dont il s'agit (1).

Sans doute, on a vu, en Calabre et ailleurs, des exemples de glissements de terrain où les maisons sont restées debout, et il est possible que des cas semblables se soient produits à Port-Royal. Le fait, du moins, de la submersion est incontestable, car feu l'Amiral sir Charles Hamilton m'a assuré avoir vu souvent, dans l'année 1780, les maisons de Port-Royal submergées dans cette partie du port qui est située entre la ville et le mouillage ordinaire des bâtiments de guerre. Bryan Edwards dit aussi, dans son Histoire des Indes Occidentales, qu'en 1793 les *ruines* se voyaient, en temps clair, des bâteaux qui naviguaient au-dessus (2). Enfin, le lieutenant B. Jeffery, de la marine royale, m'a appris que de 1824 à 1835, pendant qu'il se livrait à des travaux de reconnaissance, il visita plusieurs fois le point en question, où la profondeur de l'eau est de 4 à 6 brasses, et que, chaque fois que le vent était faible, il y apercevait distinctement des traces de maisons. Il les voyait

(1) De La Bèche, *Manual of Geology*, p. 133, 2e édit.
(2) Vol. I, p. 235, édit. in-8o, 3 vol., 1801.

plus nettement encore en se servant de l'instrument que l'on nomme « l'œil du plongeur », et que l'on place au-dessous des ondulations de la vague (1).

A la Jamaïque, la terre s'ouvrit, dit-on, en plusieurs milliers d'endroits. Dans le nord de l'île, plusieurs plantations furent englouties avec leurs habitants, et, à la place, il se forma un lac d'environ 404^hect 671 d'étendue; ce lac ensuite se dessécha, en ne laissant que du sable et du gravier, sans la moindre trace qu'il y eût jamais eu en cet endroit des arbres ou des maisons. Plusieurs métairies furent ensevelies à Yallows sous des terrains glissants, et une plantation se trouva transportée à 800 mètres de son emplacement primitif, sans que ses récoltes en souffrissent en aucune manière. Entre la Ville Espagnole et la promenade de Seize-Milles, les rochers élevés et à pic qui bordent la rivière s'écroulèrent; et, par suite, celle-ci, se trouvant barrée, déborda, et inonda pendant neuf jours la promenade, ce qui fit supposer que le sol sur lequel elle reposait s'était affaissé comme celui de Port-Royal. Mais à la fin les eaux se retirèrent, la rivière s'étant frayé une nouvelle issue à une grande distance de son ancien lit.

Déchirements de montagnes. — Les montagnes Bleues et diverses autres chaînes très-élevées passent pour avoir été extraordinairement bouleversées et déchirées. Elles paraissaient brisées et à moitié dénudées, et n'offraient plus l'aspect verdoyant d'autrefois, ayant été privées de leurs forêts et de leur verdure naturelle. Les rivières qui sortent de ces montagnes cessèrent d'abord de couler pendant vingt-quatre heures; puis elles entraînèrent dans la mer, à Port-Royal et en divers autres lieux, plusieurs centaines de milliers de tonnes de pièces de bois, qui apparaissaient comme des îles flottantes sur l'océan. Les arbres étaient, en général, dépouillés de leur écorce, la plupart des branches ayant été détachées du tronc

(1) Lettre à l'auteur, mai 1838.

pendant la descente. Il est particulièrement remarqué dans le récit de ce tremblement de terre, comme dans tant d'autres relations du même genre, que, pendant les secousses, le poisson se laissait prendre en abondance sur la côte. Les correspondants de sir Hans Sloane, qui recueillirent avec le plus grand soin les rapports des témoins oculaires sur la catastrophe, font sans cesse mention d'*abaissements;* quelques-uns même ont supposé que la Jamaïque tout entière s'était affaissée (1).

Réflexions sur l'ensemble des changements qui se sont produits depuis la fin du dix-septième siècle. — Jusqu'à présent, je me suis borné à énumérer quelques-uns des tremblements de terre qui, pendant le dernier siècle et celui où nous vivons, ont fourni des faits propres à éclairer quelque question géologique. Lors même que les limites de cet ouvrage me permettraient d'examiner toutes les relations obscures ou douteuses des événements semblables qui sont arrivés à des époques plus anciennes, cette tâche n'aurait réellement ni intérêt ni utilité; bien que pourtant, si les lieux où se sont passées ces catastrophes étaient explorés aujourd'hui par des géologues habiles dans l'art d'interpréter les monuments propres à indiquer les changements physiques survenus dans une région, il fût encore possible de déterminer avec précision un grand nombre d'événements qui ont eu lieu dans les temps historiques. Il ne faut pas croire que dans l'esquisse que je viens de tracer des phénomènes observés dans un court espace de temps, j'aie fait mention de toutes les modifications que la terre a subies par suite des mouvements souterrains, ou même seulement de la majeure partie d'entre elles. Ainsi, par exemple, le tremblement de terre d'Alep, dans le siècle actuel, et celui de Syrie, au dix-huitième siècle, auraient sans doute révélé de nombreux phénomènes, d'une

(1) *Phil. Trans.*, 1694.

grande importance pour la géologie, s'ils eussent été décrits par des observateurs scientifiques. Les secousses que l'on ressentit en Syrie, pendant l'année 1759, durèrent trois mois et se propagèrent sur un espace de 10,000 lieues carrées, — espace en comparaison duquel celui qu'embrassa le tremblement de terre de la Calabre, en 1783, est tout à fait insignifiant. Acre, Saphat, Balbeck, Damas, Sidon, Tripoli et diverses autres villes furent presque entièrement rasées. Plusieurs milliers d'habitants périrent dans chacune de ces villes, et dans la vallée de Balbeck seule, vingt mille individus furent, dit-on, victimes de la commotion. En l'absence de tout rapport scientifique, il serait aussi peu utile au but que nous nous proposons d'entrer dans les détails de ces catastrophes, que de suivre les traces d'une armée envahissante, pour énumérer les villes brûlées ou rasées par elle, et pour évaluer le nombre d'individus qui périrent par la famine ou par l'épée.

Si telle est donc la somme des changements bien constatés qui ont eu lieu dans l'espace de moins de deux siècles, malgré l'extrême pénurie de nos documents pendant cette courte période, quelle importance ne devons-nous pas attribuer aux révolutions physiques qui se sont manifestées dans le cours de 30 ou 40 siècles, pendant lesquels plusieurs régions souvent bouleversées par des tremblements de terre ont été habitées par des nations civilisées! Des villes englouties pendant un tremblement de terre peuvent, après des secousses répétées, se trouver à de grandes profondeurs au-dessous de la surface, et les ruines rester aussi impérissables que les roches les plus dures dans lesquelles elles sont renfermées. Des édifices et des villes, submergés temporairement par des mers et des lacs, et couverts de dépôts sédimentaires, doivent, en quelques points, avoir été réélevés à des hauteurs considérables au-dessus du niveau de l'océan. De plus, les signes de ces événements sont probablement devenus visibles par suite de quelques changements ultérieurs, tels que des envahissements

de la mer sur la côte, de profondes excavations produites par des torrents et par des rivières, l'ouverture de nouveaux ravins et de nouvelles cavités, et divers autres effets résultant d'agents naturels, qui sont si énergiques dans les régions sujettes à des mouvements souterrains.

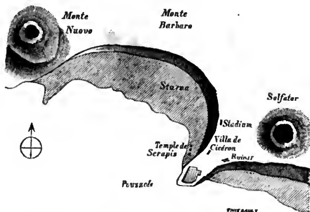
Si, admettant l'existence réelle de ces monuments extraordinaires, on demande pourquoi un si petit nombre d'entre eux ont été mis au jour jusqu'à présent, nous répondrons que c'est uniquement parce qu'on ne s'est point appliqué à en découvrir les traces. Pour tirer de l'oubli les témoignages d'anciens événements, l'observateur doit savoir d'abord ce que raisonnablement il peut espérer de trouver, et sous quelles circonstances particulières ses recherches offrent le plus de chances de succès ; enfin, il doit connaître l'action et l'effet des causes physiques, afin d'être à portée de distinguer, d'expliquer et de décrire avec exactitude les phénomènes qui se présentent à lui.

Des grandes régions volcaniques dont les limites ont été tracées dans le chapitre XXII, la mieux connue est celle qui comprend l'Europe Méridionale, l'Afrique Septentrionale et l'Asie Centrale ; cependant la presque totalité de ces régions, même de celle-ci, doit être indiquée dans une carte géologique sous la désignation de « Terra incognita », car on commence seulement à avoir quelques données sur une petite portion de cette zone volcanique, c'est-à-dire sur le district qui se trouve aux environs de Naples ; et ce n'est pas aux récits historiques, mais aux recherches récentes des géologues et des antiquaires que nous en sommes principalement redevables. Je vais maintenant mettre sous les yeux du lecteur les principaux résultats des investigations modernes qui ont été faites dans le golfe de Bayes et sur la côte adjacente.

PREUVES DES PHÉNOMÈNES D'ÉLÉVATION ET D'ABAISSEMENT OBSERVÉS DANS LE GOLFE DE BAYES.

Temple de Jupiter Sérapis. — Ce célèbre monument de l'antiquité, que représente le frontispice (1) de cet ouvrage (vol. 1), offre en lui-même la preuve non équivoque que le niveau relatif de la terre ferme et de la mer a changé deux fois à Pouzzole depuis l'ère Chrétienne, et que chaque mouvement, soit d'élévation, soit d'abaissement, a excédé 6 mètres. Avant de discuter les preuves de ce phénomène, je ferai observer que, fait au point de vue géologique, l'examen de la

Fig. 123.



Plan de la côte de la baie de Bayes, aux environs de Pouzzole.

côte du golfe de Bayes, tant au nord qu'au sud de Pouzzole, a établi de la manière la plus satisfaisante, qu'à une époque peu éloignée, il s'y est produit un exhaussement de plus de 6 mètres, et même de plus de 18 mètres, en un certain

(1) La vue du temple qui forme le frontispice de cet ouvrage, est la réduction d'une partie du magnifique dessin colorié que M. L'Anson exécuta en 1836, à l'aide de la chambre claire, pour illustrer un mémoire sur le temple de Sérapis, de M. Babbage. Ce mémoire, lu au mois de mars 1834, a été publié dans le *Quart. Journ. of the Geol. Soc. of London*, vol. III, p. 1847.

point, — changement dont l'évidence eût été aussi complète, lors même que le temple n'eût pas encore été découvert.

Côte méridionale de Pouzzole. — Si l'on côtoie le rivage depuis Naples jusqu'à Pouzzole, on voit, en approchant de cette dernière ville, que les falaises à pic et élevées de tuf durci, semblable à celui dont Naples est bâti, s'éloignent un peu de la mer, et qu'une étendue basse et unie de terre fertile, d'un aspect tout différent, se trouve entre le rivage actuel et ce qui, suivant toute apparence, formait l'ancienne ligne de côte.

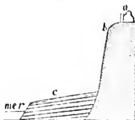
On aperçoit la falaise intérieure vis-à-vis de la petite île de Nisida, à 4 kilomètres environ au sud-est de Pouzzole (voy. la carte, fig. 60, vol. I, p. 786) où M. Babbage a observé, à la hauteur de 9^{m}60 au-dessus du niveau de la mer, une ancienne marque, qui semble avoir été usée par les vagues. Le même observateur reconnut, après un plus ample examen, que le long de cette ligne, la roche perpendiculaire, consistant en tuf très-dur, était couverte à l'extérieur de balanes (*Balanus sulcatus*, Lamk.) et percée par des testacés perforants. Quelques-uns des trous faits par les lithodomes renfermaient leurs coquilles, tandis que d'autres étaient remplis des valves d'une espèce d'Arche (1). Plus près de Pouzzole, la falaise intérieure a 24 mètres de haut, et se montre aussi perpendiculaire que si elle était encore minée par les vagues. A sa base, un dépôt moderne, constituant la portion de terrain fertile dont nous parlions tout à l'heure, atteint une hauteur de près de 6 mètres au-dessus de la mer; et comme il se compose de lits sédimentaires réguliers qui renferment des coquilles marines, sa position prouve que, postérieurement à sa formation, il y a eu un changement de plus de 6 mètres dans le niveau relatif de la terre et de la mer.

Comme la mer empiète sur ces nouvelles strates incohé-

(1) M. Babbage, qui visita ces lieux avec sir Edmund Head, en juin 1828, m'a montré un grand nombre d'échantillons de coquilles qu'il avait recueillies, soit en cet endroit même, soit dans le temple de Sérapis.

rentes, et que le terrain est d'une grande valeur, on a construit un mur pour le garantir de l'atteinte des vagues; mais lorsque je visitai les lieux en 1828, la mer avait entraîné une

Fig. 124.



a — Ruines anciennes sur la colline S.-E. de Pouzzole. (Voy. le plan fig. 123.)
b — Ancienne falaise, actuellement intérieure.
c — Terrasse formée d'un dépôt sous-marin récent.

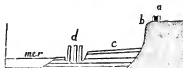
partie de ce rempart, et mis à découvert une série régulière de strates de tuf, plus ou moins argileuses, alternant avec des lits de ponce et de lapilli, et renfermant une grande quantité de coquilles marines, dont les espèces sont aujourd'hui fort communes sur cette côte ; on y remarque les suivantes : *Cardium rusticum*, *Ostrea edulis*, *Donax trunculus*, Lamk., et plusieurs autres. L'épaisseur des strates varie entre 0m30 et 0m45 ; l'une d'elles contient une multitude de débris d'ouvrages d'art, de tuiles, de pavés de mosaïque de différentes couleurs, et de petits ornements sculptés parfaitement conservés. J'ai recueilli quelques dents de porc et de bœuf qui se trouvaient mêlées avec ces divers objets. Ces fragments de construction se rencontrent aussi bien au-dessous qu'au-dessus des strates qui renferment des coquilles marines. Pouzzole elle-même repose en grande partie sur un promontoire appartenant à la formation tufacée ancienne, qui coupe le nouveau dépôt, bien que j'aie découvert un petit lambeau de ce dernier dans un jardin situé au-dessous de la ville.

Les ruines d'un môle, appelé le Pont de Caligula, s'étendent

depuis la ville jusqu'à la mer (Voir la planche VII) (1). Ce môle, que l'on croit dater de dix-huit siècles, consiste en un certain nombre de piles et d'arches, dont treize sont encore debout, et dont deux paraissent avoir été renversées. M. Babbage a trouvé, sur la sixième pile, des perforations de lithodomes à 1m20 au-dessus du niveau de la mer; près de l'extrémité du môle, sur l'avant-dernière pile, il en a retrouvé d'autres à 3 mètres au-dessus de la mer, avec un grand nombre de balanes et de flustres. La profondeur de l'eau, à une très-petite distance de la plupart des piles, est de 9 à 15 mètres.

Côte septentrionale de Pouzzole. — Si l'on passe ensuite au nord de Pouzzole, et que l'on examine la côte située entre cette ville et Monte Nuovo, on trouve une répétition de phé-

Fig. 125.



a — Ruines de la villa de Cicéron, au nord de Pouzzole (2).
b — Ancienne falaise, actuellement intérieure.
c — Terrasse (appelée la Starza) composée de dépôts sous-marins récents.
d — Temple de Sérapis.

nomènes analogues aux précédents. Les pentes de Monte Barbaro deviennent plus abruptes à peu de distance de la côte, et se terminent par une falaise intérieure d'une hauteur moyenne que la mer doit, à quelque époque ancienne, avoir atteinte, ainsi que tout géologue le reconnait facilement. Entre cette falaise et la mer, est une plaine basse ou terrasse, appelée la Starza, (*c*. fig. 125) pareille à celle qui se trouve au sud-est de la ville, et que nous avons déjà décrite. Comme la mer empiète rapide-

(1) Cette vue est prise de l'ouvrage de sir Hamilton, *Campi Phlegræi*, pl. 26.
(2) Le point indiqué ici sur le sommet de la falaise est celui d'où Hamilton a pris sa vue des champs Phlégréens, pl. 26 (dont la planche VII est une réduction), et sur lequel, dit-il, était située jadis la villa de Cicéron, appelée l'Académie.

ment, les strates offrent en peu de temps de nouvelles coupes dont voici un exemple.

Coupe observée sur le rivage septentrional de la ville de Pouzzole :

1. Sol végétal 0m30
2. Lits horizontaux de ponce et de scories, avec fragments brisés de briques, d'ossements d'animaux et de coquilles marines non roulés.. 0m40
3. Lits de lapilli, renfermant une multitude de coquilles marines, notamment des *Cardium rusticum*, *Donax trunculus*, Lam., *Ostrea edulis*, *Triton cutaceum*, Lam., et *Buccinum serratum*, Brocchi. L'épaisseur des lits varie de 0m025 à 0m46...................................... 3m00
4. Tuf argileux, contenant des briques et des débris de construction non arrondis par le frottement.................................... 0m46

L'épaisseur de plusieurs de ces lits varie considérablement à mesure qu'on les suit sur le rivage, et quelquefois le groupe entier atteint une hauteur supérieure à celle du point qui vient d'être décrit. L'espace sur lequel ils s'étendent paraît s'incliner légèrement de bas en haut vers le pied des anciennes falaises.

Or, si un tel arrangement se présentait sur les côtes de l'Angleterre, le géologue en chercherait naturellement l'explication dans quelque changement local dans le régime des marées et des courants ; mais il se produit à peine quelques marées dans la Méditerranée, et supposer que la mer s'est abaissée généralement de 6 à 7m50 depuis que les rivages de la Campanie étaient couverts d'édifices somptueux, est une hypothèse évidemment insoutenable. En effet, les observations faites lors de plusieurs reconnaissances modernes sur les môles et les *cothons* (docks) construits dans divers ports de la Méditerranée, ont prouvé que le niveau de cette mer n'a pas subi d'altération sensible pendant les deux mille dernières années (1).

Nous arrivons ainsi à conclure, sans avoir recours à ce temple si fameux, que le dépôt marin récent de Pouzzole s'est élevé dans les temps modernes au-dessus du niveau de la

(1) Nous reproduisons ces détails d'après l'autorité de feu l'Amiral Smyth, de la marine royale.

mer, et que non-seulement ce changement de position, mais aussi l'accumulation des strates récentes, ont eu lieu postérieurement à la destruction de la plupart des édifices dont ces strates renferment les débris. Si nous examinons ensuite la preuve fournie par le temple lui-même, nous verrons, d'après les récits les plus authentiques, que les trois piliers qui sont encore debout restèrent, jusqu'au milieu du siècle dernier, à moitié enfouis dans les couches marines récentes (*c*. fig. 125). La partie supérieure de ces colonnes faisant saillie de plusieurs décimètres au-dessus de la surface, s'étant trouvée masquée par des broussailles, n'avait pas attiré, jusqu'en 1749, l'attention des antiquaires; mais lorsqu'en 1750 le sol vint à être déblayé, on reconnut qu'elles faisaient partie d'un édifice splendide, dont le pavé subsistait encore, et sur lequel reposent plusieurs colonnes de brèche d'Afrique et de granit. Le plan originaire du bâtiment s'apercevait encore distinctement; il était de forme quadrangulaire, et avait 21 mètres de diamètre; son toit avait dû être supporté par 46 majestueuses colonnes, dont 24 en granit et les autres en marbre. La grande cour était entourée d'appartements qui, à ce qu'on suppose, servaient de bains; car une source thermale dont les eaux sont encore aujourd'hui recherchées pour leurs propriétés médicales, jaillit de terre justement derrière la construction. Primitivement les eaux de cette source étaient, dit-on, amenées dans les salles de bain par des conduits de marbre, encore existants, et s'écoulaient ensuite, au moyen d'un petit canal de 0^{m}025 à 0^{m}050 de profondeur creusé dans le pavé, dans un égout construit en briques romaines qui les conduisait à la mer.

Plusieurs antiquaires se sont livrés à des discussions approfondies au sujet de la divinité à laquelle ce temple était consacré. On s'accorde à reconnaître que parmi les images trouvées en fouillant ces ruines, il y en avait une du dieu Sérapis; et l'on a déterré, à Pouzzole, une colonne en marbre, sur laquelle était gravée une ancienne inscription, portant la date

de 648 après la fondation de Rome (105 av. J.-C.), avec ce titre : « *Lex parieti faciundo.* » Cette inscription, en latin très-obscur, stipule une convention passée entre la municipalité de la ville et une compagnie de constructeurs qui avaient entrepris l'entretien de certains édifices publics, au nombre desquels se trouve mentionné le temple de Sérapis, décrit comme étant situé près de la mer ou dans ses environs, « *ad mare vorsum.* » Sir Edmund Head, après l'étude qu'il fit, en 1828, de la topographie et des antiquités de ce district, ainsi que des auteurs Grecs, Romains et Italiens qui ont traité ce sujet, m'informa qu'il existait à Alexandrie, sur le Nil, siége principal du culte de Sérapis, un Sérapeum de même forme que le temple de Pouzzole, et également entouré de chambres, dans lesquelles les croyants avaient coutume de passer la nuit, dans l'espoir que le dieu leur révélerait pendant leur sommeil la nature de leurs maladies et les moyens de les guérir. D'après cela, les prêtres de Sérapis, — divinité panthéiste, qui, entre autres usurpations, commettait celle de s'approprier les attributs d'Esculape, — trouvèrent fort naturel de regarder les sources thermales comme une dépendance avantageuse du temple, bien que le Sérapeum originel d'Alexandrie ne fût pas doté de pareilles eaux médicinales. M. Carelli (1) et plusieurs autres auteurs, refutant ces opinions, ont insisté sur ce fait que le culte de Sérapis, en faveur à Rome au temps de Catulle, (dans le premier siècle avant le Christ), fut prohibé par le sénat Romain, sous le règne de l'empereur Tibère. Mais il y a tout lieu de croire que, pendant les règnes des successeurs de cet empereur, les sanctuaires du dieu Egyptien furent de nouveau fréquentés par de zélés adorateurs, et nulle part avec autant d'empressement qu'à Puteoli (aujourd'hui Pouzzole), qui était un des marchés principaux pour les produits d'Alexandrie.

(1) *Dissertazione sulla sagra architectura degli Antichi.*

Sans entrer plus avant dans une enquête qui n'est pas strictement du ressort de la géologie, je désignerai cette précieuse relique des temps anciens par le nom qu'on lui donne généralement, et j'examinerai les faits qui attestent les changements physiques qu'elle a éprouvés, et que la nature ellemême a pris soin d'inscrire en caractères parfaitement lisibles sur les trois colonnes qui sont encore debout. (Voy. le frontispice, vol. I.) Ces piliers, dont chacun a été tiré d'un seul bloc de marbre, ont 12m50 de haut. Une des colonnes est presque complétement partagée par une fissure horizontale; les deux autres sont entières. Toutes trois, elles s'écartent un peu de la verticale, inclinant légèrement vers le sud-ouest, c'est-à-dire du côté de la mer (1). Leur surface est unie et n'offre aucune altération jusqu'à la hauteur de 3m60 au-dessus de leurs piédestaux; mais, immédiatement au-dessus de cette zone, on en observe une autre de 2m70 de haut, où le marbre a été perforé par une bivalve marine — ***Lithodomus***, Cuv. (2). Les trous faits par ces mollusques sont pyriformes, c'est-à-dire que l'ouverture, très-petite d'abord, s'élargit graduellement. Au fond des cavités, on trouve encore beaucoup de coquilles, quoique les visiteurs en aient déjà enlevé une grande quantité. Plusieurs de ces cavités renferment les valves d'une espèce d'arche, mollusque qui se retire dans de petites anfractuosités. Les perforations sont si considérables en profondeur et en étendue, qu'elles témoignent d'un séjour prolongé des lithodomes dans les colonnes; car, à mesure que ces animaux croissent en âge et en volume, ils agrandissent leur demeure de manière qu'elle soit en rapport

(1) C'est de la mesure donnée par le Capit. Basil Hall, de la marine royale, qu'ont été déduites ces observations. *Proceedings of Geol. Soc.*, n° 38, p. 114. Voir aussi un article du même auteur, vol. III, p. 158. Le fait de l'extraction, d'un seul bloc de pierre, de chacune des colonnes qui sont encore debout, m'a été signalé par M. James Hall; il est extrêmement important, en ce qu'il sert à expliquer pourquoi ces colonnes n'ont pas été renversées.

(2) *Modiola lithophaga*, Lam. *Mytilus lithophagus*, Linn.

avec l'accroissement de leur coquille. Il en faut donc conclure que les piliers restèrent longtemps submergés par la mer, à une époque où la partie inférieure était couverte et protégée par les strates marines, d'eau douce, et volcaniques que nous avons décrites, ainsi que par des débris de constructions, et où la partie supérieure, dépassant le niveau des eaux, se trouvait naturellement exposée aux influences atmosphériques, mais cependant à l'abri de toute dégradation matérielle. (Voy. fig. 126, p. 221.)

Sur le pavé du temple, on voit quelques colonnes de marbre qui sont aussi perforées en certaines parties; une d'elles, par exemple, se montre percée sur une longueur de 2^{m}40, tandis qu'elle est intacte sur un espace de 1^{m}20. Plusieurs de ces colonnes brisées sont rongées, non-seulement à l'intérieur, mais aussi sur la fracture transversale; et sur quelques-unes d'entre elles, d'autres animaux marins (serpules, etc.) ont fixé leur demeure (1). Aucun des piliers de granit n'a été atteint par les lithodomes. La plate-forme du temple, qui n'est pas parfaitement unie, se trouvait, quand je visitai les lieux en 1828, à 0^{m}30 environ au-dessous de la marque des hautes eaux, — car il y a de petites marées dans le golfe de Bayes, — et la mer, qui n'est qu'à 30 mètres de distance, pénètre jusque-là à travers le sol intermédiaire. La zone supérieure des parties perforées se trouve donc à 6^{m}90 au moins au-dessus de la marque des hautes eaux; et il est évident que les colonnes doivent être restées longtemps immergées, debout dans l'eau de mer, et que la portion submergée a dû ensuite être élevée à la hauteur d'environ 6^{m}09 au-dessus du niveau de la mer.

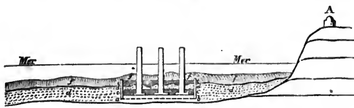
Les fouilles exécutées en 1828, au-dessous du pavé de marbre du temple sur lequel reposent les colonnes, firent

(1) *Serpula contortuplicata*, Linn. et *Vermilia triquetra*, Lam. Ces espèces, ainsi que le *Lithodomus*, habitent aujourd'hui la mer voisine.

découvrir un autre riche pavé en mosaïque, à la profondeur d'environ 1m50 plus bas que le premier. L'existence de ces deux pavés, à des niveaux différents, prouve clairement quelque affaissement antérieur à la construction du temple plus moderne, et qui aurait obligé d'établir un nouveau pavé à un niveau plus élevé.

Nous avons déjà vu (p. 218) que, longtemps avant l'ère Chrétienne, il existait un temple de Sérapis; le changement

Fig. 126.



Temple de Sérapis à l'époque de sa plus grande dépression.

a b — Ancien pavé en mosaïque.
c c — Incrustation marine de couleur foncée.
d d — Pluie de cendres formant la première couche du comblement.
e e — Dépôt calcaire d'eau douce.
f f — Seconde couche du comblement.
A — *Stadium.*

de niveau que nous venons de mentionner aurait eu lieu quelque temps avant la fin du second siècle, car on a trouvé dans le temple des inscriptions qui nous apprennent que Septime Sévère décora les murs de cet édifice de marbres précieux, entre les années 194 et 211 de notre ère; et que l'empereur Alexandre Sévère y déploya une pareille munificence, dans l'espace de temps qui s'écoula de 222 à 235 (1). A partir de cette époque, les documents historiques font complétement défaut pour une période de plus de douze siècles; et le seul fait important que l'on connaisse, c'est que Pouzzole fut saccagée par Alaric et ses Goths en 410, et par Gen-

(1) Brieslak, *Voy. dans la Campanie*, t. II, p. 167.

série en 445 de notre ère. Il nous reste heureusement une série d'archives naturelles qui se sont écrites d'elles-mêmes pendant ces siècles obscurs, et qui nous révèlent les nombreux événements qui se sont passés dans l'intérieur du temple et dans ses environs. Ces témoignages naturels consistent en partie dans les dépôts qui enveloppent les piliers au-dessous de la zone des perforations des lithodomes, et en partie dans les incrustations qui couvrent les murs extérieurs du temple. M. Babbage, après avoir soigneusement examiné (voy. p. 212, note) les incrustations adhérant aux murs extérieurs et à la voûte de l'édifice, en a conclu que l'abaissement du pavé du temple ne fut pas subit, mais qu'il s'opéra graduellement par l'effet de plusieurs mouvements successifs. La mer pénétra d'abord dans la cour ou atrium, et mêla ses eaux avec celles de la source thermale. De ce milieu saumâtre se précipita un calcaire de couleur foncée (*c c*, figure 126) qui, dans le cours des temps, acquit une épaisseur de plus de 0m60, avec des serpules au sein du dépôt. La présence de ces annélides nous apprend que l'eau était salée ou saumâtre. Après cette période, le temple se remplit d'une masse irrégulière de tuf volcanique (*d d*, fig. 126), provenant sans doute de l'éruption du cratère voisin de la Solfatare, et qui forme sur le pavé une couche de 1m50 à 2m70 de hauteur. Sur celle-ci s'accumula ensuite un dépôt de carbonate de chaux (*e e*, fig. 126), purement d'eau douce, avec un fond *inégal*, car la substance a dû s'adapter aux contours irréguliers que forme la surface supérieure des scories volcaniques précédemment tombées. La partie supérieure de ce calcaire d'eau douce était parfaitement unie et plate, et indiquait la présence d'un ancien niveau d'eau. Suivant M. Babbage, ce lac d'eau douce aurait été le résultat de la chute des scories qui, barrant le canal de communication avec la mer, aurait forcé la source chaude à déposer de la matière calcaire dans l'atrium, sans l'intervention de l'eau salée. A ce calcaire d'eau douce suc-

céda une autre masse irrégulière de cendres et de déjections volcaniques (*ff*, fig. 126), que les vagues de la mer entraînèrent peut-être dans l'intérieur du temple pendant une tempête, et dont la hauteur au-dessus du pavé était de 3m à 3m30. Nous arrivons ainsi à la période de dépression maximum, figurée dans le dessin ci-joint, et pendant laquelle la moitié inférieure des piliers plongeait dans les dépôts ci-dessus énumérés ; la partie supérieure, sur un espace de 6 mètres, se trouvait alors exposée aux influences atmosphériques, et la portion restante ou moyenne, d'environ 2m70 de longueur, baignait pendant des années dans l'eau salée et était perforée par des bivalves lithophages. Après cette période, d'autres strates, consistant en déjections volcaniques et en matériaux entraînés par les eaux pendant les orages, ensevelirent les colonnes jusqu'à une hauteur qui, en certains endroits, atteignit 10m5 au-dessus du pavé. Il serait aussi difficile d'évaluer d'une manière certaine le temps exact que mirent à s'accumuler ces masses enveloppantes, que de déterminer combien d'entre elles furent formées pendant la submersion, et combien après le réexhaussement du temple.

La période de submersion profonde fut certainement antérieure à la fin du quinzième siècle. Le professeur James Forbes (1) a cité, à ce sujet, un passage d'un ancien auteur Italien, Loffredo, qui, en 1580, écrivait que, cinquante ans auparavant, c'est-à-dire en 1530, la mer baignait la base des collines qui s'élèvent de la plaine appelée la Starza, représentée dans la figure 126, de sorte que, d'après ses propres expressions, « on aurait pu pêcher de l'emplacement des ruines qu'on désigne aujourd'hui sous le nom de Stadium. » (A, fig. 126.)

Nous savons d'autre part que le mouvement d'exhaussement a commencé de se produire avant 1530, car le chanoine

(1) *Ed. Journ. of Science, New series*, n° 11, p. 281.

Andrea di Jorio cite deux documents authentiques à l'appui de ce point important. Le premier de ces documents, daté d'octobre 1503, est un acte écrit en italien, par lequel Ferdinand et Isabelle accordent à l'Université de Pouzzole une portion de terrain « d'où la mer est en voie de se retirer » (che va secando el mare) ; le second, est un décret écrit en latin, et daté du 23 mai 1511, près de huit ans plus tard, par lequel Ferdinand gratifie la ville d'un certain territoire aux environs de Pouzzole, qui se trouvait alors à sec (desiccatum) (1).

Il est donc parfaitement incontestable que l'exhaussement principal du terrain bas s'opéra en 1538, lors de la grande éruption du Monte Nuovo. Cet événement et les tremblements de terre qui le précédèrent ont déjà été décrits (vol. I, p. 795) ; et nous avons vu que deux témoins oculaires de la catastrophe, Falconi et Giacomo di Toledo, s'accordent à déclarer que, la mer ayant abandonné une étendue considérable de la côte, les habitants pouvaient prendre le poisson avec la plus grande facilité ; et, entre autres particularités, Falconi fait mention de deux sources qu'il aperçut *dans les ruines nouvellement découvertes*.

La plaine devait être plus étendue, quand elle fut soulevée pour la première fois, qu'elle ne l'est à présent ; car la mer empiète assez rapidement sur le rivage, tant au nord qu'au sud-est de Pouzzole. La côte, lors de ma visite en 1828, avait perdu plus de 0m30 dans douze mois, et les pêcheurs du golfe m'assurèrent que, d'après leurs propres souvenirs, la mer avait envahi 30 mètres de terrain près de Pouzzole.

En outre, il est fort probable que le sol, avant que son mouvement ascensionnel eût cessé, s'éleva d'abord à une hauteur supérieure à celle du niveau qu'il avait lorsque le temple fut découvert de nouveau, en 1749, car il paraît,

(1) *Sul Tempio di Serap*, ch. VIII.

d'après le mémoire de Niccolini, publié en 1838, que depuis le commencement du dix-neuvième siècle, le temple de Sérapis s'est abaissé de plus de 0^m60. Ce savant architecte visita fréquemment les ruines au commencement de l'année 1807, dans le but d'y prendre des croquis; et bien qu'il eût pour habitude d'y rester la journée tout entière, jamais il ne vit le pavé recouvert par la mer, excepté quelquefois lorsque le vent du sud soufflait avec force. Seize ans après, quand il revint pour surveiller des fouilles ordonnées par le roi de Naples, il trouva que les eaux de la mer recouvraient le pavé deux fois par jour, à la marée haute, de sorte qu'il était obligé d'y faire mettre une rangée de pierres pour pouvoir s'y établir. Cette circonstance l'engagea à faire, d'octobre 1822 à juillet 1838, une série d'observations à l'aide desquelles il reconnut que le sol s'était abaissé et s'abaissait encore, en moyenne, de 7 millimètres par an, ou de 25 millimètres environ tous les quatre ans ; si bien qu'en 1838, on prenait chaque jour du poisson sur cette partie du pavé, où, en 1807, il n'y avait jamais eu une goutte d'eau quand le temps était calme (1).

M. Smith, de Jordan Hill, examina le temple en 1847, et la comparaison qu'il fit de diverses données l'amena à conclure qu'à cette époque, le taux d'abaissement était de 25 millimètres par an (2). En 1852, M. Scacchi, après un examen entrepris à ma prière, décida que le mouvement d'abaissement avait cessé pendant plusieurs années, ou que du moins il était devenu presque inappréciable. En 1857 et 1858, je fis moi-même plusieurs observations, d'après lesquelles je conclus qu'il y avait environ 0^m60 d'eau sur le pavé, près du cercle de bronze, lorsque, les jours de calme, les eaux du golfe de Bayes, à la marée haute, n'étaient pas soulevées par le vent au-dessus de leur niveau ordinaire. Bien que je n'aie pas exé-

(1) *Tavola metrica chronologica*, etc., Napoli, 1838.
(2) *Quart. Journ. Geol. Soc.*, vol. III, p. 237.

cuté la longue série de mesures nécessaire pour déterminer exactement la hauteur moyenne de la marée dans le golfe, je crois pouvoir affirmer que le niveau relatif du pavé et de la mer n'a pas sensiblement changé depuis l'époque où Niccolini visita ces lieux pour la première fois.

D'après ce que nous avons dit précédemment (p. 215), on voit que, considérées seules, les coquilles marines renfermées dans les strates qui forment la plaine de la Starza, établissent le fait d'un soulèvement du sol jusqu'à une hauteur de 6m90 et au delà. Le temple prouve beaucoup plus, parce qu'on ne peut pas supposer qu'il a été bâti originairement sous l'eau, et qu'on doit admettre nécessairement qu'il s'enfonça d'abord de 6 mètres au moins au-dessous de la surface de la mer, pour se relever ensuite à sa position primitive. Or, si tel a été l'ordre des événements, on doit rencontrer d'autres signes indépendants d'un affaissement semblable sur les bords d'un golfe, comme celui de Bayes, où se trouvaient anciennement un si grand nombre d'édifices ; et c'est aussi ce qui arrive, car les témoignages d'une pareille submersion sont loin de manquer. A 1,600 mètres environ au nord-ouest du temple de Sérapis, et à 150 mètres du rivage, se voient les ruines d'un temple de Neptune et d'un temple des Nymphes, actuellement immergés. Les colonnes du premier édifice reposent debout à 1m50 sous l'eau, et leurs parties supérieures atteignent juste le niveau de la mer. Les piédestaux de ces colonnes sont sans doute enterrés dans le sable ou dans la vase ; de sorte que si cette partie du fond du golfe venait plus tard à être soulevée, l'exhumation de ces temples pourrait avoir lieu de la même manière que celle du temple de Sérapis. Les deux édifices en question participèrent probablement au mouvement qui souleva la Starza ; mais, ou ils étaient à une plus grande profondeur sous l'eau que le temple de Sérapis, ou ils ne furent pas réélevés à la même hauteur que ce monument. Il existe aussi dans le golfe deux

voies romaines submergées : l'une qui s'étend depuis Pouzzole jusqu'au lac Lucrin, et qu'on peut voir encore ; l'autre qui se trouve près du château de Bayes. (N° 8, pl. VII, p. 278.) La mer baigne aussi, jusqu'à une hauteur considérable, les arches de l'ancien môle de Pouzzole (n° 4, *ibid*), dont nous avons déjà parlé, et, suivant Brieslak, il est à peu près certain qu'autrefois, avant le soulèvement des arches, les piles atteignaient la surface des eaux (1), de sorte que, bien que les phénomènes déjà décrits attestent que ce môle a été exhaussé de 3 mètres au-dessus de son ancien niveau, il demeure évident qu'il n'est point encore revenu à sa première position.

Un écrivain moderne prend soin de nous rappeler aussi que ces effets ne sont point aussi locaux que voudraient nous le faire croire certains auteurs ; car, de l'autre côté du golfe de Naples, on a découvert sur la côte de Sorrente, qui, comme Pouzzole, est sujette à des tremblements de terre, une route, avec quelques fragments de constructions romaines, à une certaine profondeur sous la mer. Dans l'île de Capri, qui est située assez avant dans la mer, à l'entrée du golfe de Naples, un des palais de Tibère est aussi couvert aujourd'hui par les eaux (2).

Il ne paraîtra pas extraordinaire que des édifices puissent être submergés, et plus tard élevés au-dessus des eaux, sans être complétement réduits en ruines, si l'on se rappelle qu'en 1819, lors de l'abaissement du delta de l'Indus, les maisons du fort de Sindree s'enfoncèrent sous les eaux sans être renversées. De même, en 1692, les constructions situées autour du havre de Port-Royal, dans la Jamaïque, descendirent tout à coup dans la mer jusqu'à la profondeur de 9 à

(1) Voy. dans *la Campanie*, t. II, p. 162.

(2) M. Forbes, *Physical notice of the Bay of Naples, Ed. Journ. of Science*, n° 11. Nouvelle série, p. 280, octobre 1829. Lorsque je visitai Pouzzole et que j'adoptai les conclusions ci-dessus énoncées, je n'avais aucune connaissance des observations de M. Forbes, que je ne vis pour la première fois, à mon retour en Angleterre, que l'année suivante.

15 mètres sans s'écrouler; et plusieurs métairies qui se trouvaient sur de petites portions de terre transportées à 1,600 mètres de distance en bas d'une déclivité, restèrent entières dans ce déplacement, comme celles des environs de Mileto, en Calabre. En 1822, les fondations de quelques bâtiments de Valparaiso furent soulevées d'une manière permanente jusqu'à la hauteur de plusieurs décimètres, en même temps qu'une grande partie de la côte du Chili s'affaissa sans que ces bâtiments fussent renversés. On comprend encore assez bien qu'un édifice reste debout pendant l'exhaussement ou l'abaissement du sol sur lequel il repose, quand les murs sont soutenus, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, par un dépôt analogue à celui qui entoura et remplit jusqu'à la hauteur de 3 à 3^{m}20 le temple de Sérapis tout le temps qu'il s'affaissa, et qui enveloppa ce monument jusqu'à une hauteur plus que double lorsqu'il se mit à reprendre sa position originelle.

M. Babbage est arrivé à cette conclusion d'une incontestable portée, à savoir : « que l'action de la chaleur est, d'une manière ou d'autre, la cause du phénomène auquel se rattache le changement de niveau du temple. La source chaude que possède ce temple, la position qu'il occupe à contiguïté immédiate de la Solfatare, sa proximité de Monte Nuovo, les eaux thermales des bains de Néron (n° 6, pl. VII), sur le rivage opposé du golfe de Bayes, les sources bouillantes, les anciens volcans d'Ischia d'un côté et le Vésuve de l'autre, sont autant de circonstances, parmi une multitude d'autres, qui paraissent le plus militer en faveur de cette conclusion (1). » Si l'on compare, en effet, les dates des principales oscillations de niveau avec l'histoire volcanique de la région déjà décrite (chapitre XXIV), on découvre qu'il existe une certaine connexité entre chaque période de soulèvement et un développement local de la chaleur volcanique, et que

(1) *Quart. Journ. Geol. Soc.*, 1847, vol. III, p. 203.

chaque période de dépression concorde avec un état de repos ou d'assoupissement des causes ignées souterraines. Ainsi, par exemple, avant l'ère Chrétienne, lorsque les nombreux volcans d'Ischia faisaient souvent éruption, et que l'Averne et autres points des Champs Phlégréens étaient réputés pour leur aspect et leur caractère volcanique, le sol sur lequel repose le temple de Sérapis se trouvait à une certaine hauteur au-dessus des eaux. A cette époque, le Vésuve était regardé comme un volcan éteint; mais lorsque, après le commencement de l'ère Chrétienne, les feux de cette montagne vinrent à se rallumer, on n'eut plus à signaler une seule éruption dans l'île d'Ischia ou dans les environs du golfe de Bayes. Le temple alors était en voie d'abaissement. A une période suivante, le Vésuve resta presque à l'état de repos pendant les cinq siècles qui précédèrent la grande explosion de 1631 (voy. vol. I, p. 618), et, dans cet intervalle, des éruptions se manifestaient à la Solfatare en 1198, à Ischia en 1302 de notre ère, et le Monte Nuovo se formait en 1538. Durant ces phénomènes, les fondations sur lesquelles repose le temple étaient en voie de se relever. Enfin le Vésuve reprit toute son activité, qu'il n'a jamais perdue depuis, et pendant tout ce temps l'aire du temple, autant qu'on peut le savoir par son histoire, a toujours subi un mouvement de dépression.

Ces phénomènes semblent être parfaitement d'accord avec l'hypothèse suivante, à savoir : que lorsque, la chaleur souterraine augmentant d'intensité, la lave se forme sans trouver une issue facile par une grande ouverture appropriée à cet objet, comme celle du Vésuve, la surface incombante est soulevée dans cette région ; tandis que cette même surface est abaissée lorsqu'au-dessous d'elle les roches, portées à une haute température, se contractent en se refroidissant, et que les laves se solidifient lentement en diminuant de volume.

Lorsque, en 1838, M. Niccolini constata que les niveaux relatifs du pavé du temple et de la mer changeaient lentement

d'année en année, il admit que c'était la mer qui était en voie de s'élever. Mais M. Capocci a combattu avec succès cette opinion, en s'appuyant sur plusieurs phénomènes qui attestent le caractère local des mouvements de la région adjacente, indépendamment du fait historique que lorsque, en 1538, la mer, à Pouzzole, se retira, d'une manière permanente, de 200 mètres de l'ancien rivage, il n'y eut point de retraite simultanée des eaux à Naples, à Castellamare et à Ischia (1).

Permanence du niveau de l'océan. — En terminant, je ferai remarquer que les controverses interminables auxquelles ont donné lieu les phénomènes du golfe de Bayes, sont dues à la répugnance extrême qu'on éprouve à admettre que la terre ferme est plus sujette que la mer à s'élever et à s'abaisser alternativement. Si l'on avait supposé, ce qui est le plus probable, que le niveau de l'océan est invariable, par la raison qu'aucun changement n'y a encore été constaté d'une manière certaine, et que, d'un autre côté, les continents ont un niveau instable, ainsi que cela a été démontré maintes fois par les preuves les moins équivoques, depuis le temps de Strabon jusqu'à nos jours, les alternatives de soulèvement et d'abaissement indiquées par le Temple à Pouzzole n'auraient jamais été regardées comme problématiques. Bien plus, lors même que des récits contemporains n'eussent point nettement attesté l'exhaussement de la côte, cette explication aurait été proposée dès le principe, comme la plus naturelle, au lieu de n'être adoptée qu'aujourd'hui, et pour ainsi dire à regret, après que toutes les autres eurent été abandonnées.

C'est aux forts préjugés qui existent encore à l'égard de la mobilité de la terre ferme, que l'on peut attribuer la rareté des découvertes analogues à celles qui ont été faites récemment dans la Nouvelle-Zélande, dans les golfes de Bayes et de la Conception. Une théorie fausse peut très-bien, comme

(1) *Nuove Ricerche sul Temp. di Serap.*

on sait, nous rendre aveugles sur des faits qui se trouvent en opposition avec nos idées préconçues, ou nous dissimuler leur véritable importance quand nous les apercevons. Mais il est temps que le géologue surmonte, jusqu'à un certain point, ces premières impressions qui durent porter naturellement les anciens poëtes à choisir le roc comme l'emblème de la fermeté, la mer comme l'image de l'inconstance. Notre poëte moderne a, dans un esprit plus philosophique, considéré la mer comme « l'image de l'éternité », et il a noblement comparé, dans son langage poétique, l'existence fugitive des empires qui, successivement, ont prospéré et sont tombés en décadence sur les bords de l'océan, avec la stabilité inaltérable de celui-ci :

. . . . Their decay
Has dried up realms to deserts : — not so thou,
Unchangeable, save to thy wild wave's play :
Time writes no wrinkle on thine azure brow ;
Such as creation's dawn beheld, thou rollest now.

CHILDE HAROLD, canto IV (1).

(1) . . . . Leur chute
A changé les royaumes en déserts :—mais en toi
Tout reste invariable, tout, excepté le jeu capricieux de tes vagues
Le temps n'imprime point de rides sur ton front d'azur,
Et tu roules tes ondes aujourd'hui comme à l'aurore de la création.

CHAPITRE XXXI.

ÉLÉVATION ET ABAISSEMENT DE CERTAINES PORTIONS DE TERRE FERME SANS SECOUSSES SOUTERRAINES.

Changements dans le niveau relatif de la terre ferme et de la mer dans des régions non volcaniques. — Opinion de Celsius sur l'abaissement des eaux de la Baltique et de la mer du Nord. — Objections contre cette opinion. — Preuves de la stabilité du niveau de la mer dans la Baltique. — Hypothèse de Plaifair par laquelle il admet le soulèvement de la terre ferme en Suède. — Opinion de De Buch. — Marques creusées dans les rochers. — Examen de ces marques en 1820. — Signes d'oscillations de niveau. — Cabane de pêcheur enfouie sous des strates marines. — Facilité de reconnaître les moindres altérations de niveau sur la côte extérieure et sur la côte intérieure de la Suède. — Mouvement supposé en sens contraire qui prend naissance au Cap Nord et se prolonge vers le sud jusqu'à la Scanie.— Changement de niveau sur la côte voisine de Gothenburg.— Preuves géologiques d'une grande oscillation de niveau à Uddevalla, depuis la Période Glaciaire. — Dépôts marins soulevés sur la côte occidentale de la Suède et contenant des coquilles de l'océan ; les dépôts de la côte orientale renfermant des coquilles caractéristiques de la Baltique. — La Norwége est-elle en voie de se soulever ? — Abaissement récent d'une partie du Groënland. — Ces mouvements fournissent la preuve de grands changements souterrains.

Après avoir considéré les phénomènes qui se rapportent aux volcans et aux tremblements de terre dans l'ordre que nous nous étions proposé de suivre (vol. I, p. 752), il nous reste à porter notre attention sur ces changements lents et insensibles qui se manifestent dans le niveau relatif de la terre ferme et de la mer, sur des points éloignés de tout volcan, et qui ont été exempts de tout violent tremblement de terre depuis l'époque où remontent les observations de l'homme. Au commencement du siècle dernier, le naturaliste Suédois Celsius exprima l'opinion que les eaux de la mer Baltique et de la mer du Nord s'abaissaient graduellement, et il conclut d'un grand nombre d'observations que le taux de leur dépression devait être d'environ quarante pouces suédois (plus d'un mètre) par siècle. A l'appui de cette opinion, il citait, d'une part, des rochers situés sur les bords de la Baltique et de l'Océan, qui, après avoir été jadis des récifs bas et dangereux pour la navigation, se trouvaient, de son temps, au-dessus du niveau

de la mer; d'un autre côté, il alléguait l'empiétement graduel de la terre ferme dans le golfe de Bothnie, qui était attesté, disait-il, par la transformation de plusieurs anciens ports en villes intérieures ; par la réunion de diverses petites îles au continent, et par l'abandon d'anciennes pêcheries devenues trop peu profondes ou mises entièrement à sec. Celsius soutint aussi que la preuve de ces changements reposait non-seulement sur des observations modernes, mais sur l'autorité des anciens géographes, qui avaient constaté que la Scandinavie était autrefois une île. Il pensait que, dans le cours des siècles, et par suite de la retraite graduelle de la mer, cette île devait s'être réunie au continent, — événement qu'il supposait avoir eu lieu après le temps de Pline, et avant le neuvième siècle de notre ère.

A cet argument on objecta que les anciens savaient si peu de chose sur la géographie de la plupart des parties les plus septentrionales de l'Europe, que leur autorité ne pouvait être d'aucun poids à cet égard, et qu'en représentant la Scandinavie comme une île, ils prouvaient plutôt l'insuffisance de leurs connaissances, qu'ils ne confirmaient une hypothèse aussi hardie. On fit observer également que si la portion de terre qui joignait la Scandinavie au continent avait été mise à sec, entre le temps de Pline et le neuvième siècle, jusqu'au point où l'on sait qu'elle s'est élevée au-dessus de la mer à cette dernière époque, la dépression ne pouvait avoir été uniforme, comme on le prétendait ; car elle devait avoir été beaucoup plus rapide entre le neuvième et le dix-huitième siècle qu'à toute autre époque antérieure.

La plupart des preuves sur lesquelles s'appuyaient Celsius et ses partisans furent immédiatement combattues par plusieurs naturalistes qui reconnurent, de la manière la plus évidente, que l'abaissement de la mer dans une région quelconque ne pouvait avoir lieu sans qu'il s'ensuivît un abaissement général des eaux sur tout le globe ; ils niaient qu'il en

fût ainsi, ou que la dépression fût universelle, même dans la Baltique. Comme preuve de la stabilité du niveau de cette mer, ils en appelaient à la position de l'île de Saltholm, située à peu de distance de Copenhague. Cette île est si basse, qu'en automne et en hiver elle se trouve constamment sous l'eau ; elle n'est à sec qu'en été, et devient alors un lieu de pâturage pour les bestiaux. Il paraît, d'après des documents datés de 1280, que Saltholm, à cette époque, était aussi dans le même état, et que son niveau s'accordait exactement avec la hauteur moyenne de la mer, au lieu de s'être trouvée à 6 mètres environ sous les eaux, ainsi que cela aurait dû être d'après les calculs de Celsius. De même, plusieurs villes, telles que Lubeck, Wismar, Rostock, Stralsund et quelques autres situées sur les bords de la Baltique, sont, après six cents et même huit cents ans, aussi peu élevées au-dessus de la mer qu'à l'époque de leur fondation, car elles se trouvent encore aujourd'hui tout près du bord de l'eau. La partie la plus basse de Dantzick ne dépassait pas le niveau moyen de la mer, en l'an 1000 ; et, après huit siècles, sa position relative est restée exactement la même (1).

Plusieurs des exemples de l'accroissement de la terre ferme et de la diminution de profondeur de la mer signalés par Celsius, et ensuite par Linné, qui adopta les mêmes opinions, furent attribués par d'autres observateurs à un dépôt de sédiment accumulé aux embouchures de quelques rivières, et il y a tout lieu de croire que Celsius n'avait pas établi une distinction suffisante entre les changements dus à ces causes et ceux qui auraient lieu si les eaux de l'océan lui-même venaient à diminuer. Plusieurs grandes rivières qui sortent d'une contrée montagneuse, à l'extrémité supérieure du golfe de Bothnie, entrent dans la mer chargées de sable, de limon et de galets ; et l'on rapporte qu'en ces points, les terres basses se sont accrues

(1) Pour de plus amples détails sur la controverse soulevée à propos de l'opinion de Celsius, voir l'ouvrage de M. de Hoff, *Geschichte*, etc., vol. I, p. 439.

avec rapidité, surtout près de Tornéa. A Pitéa aussi (1), elles ont gagné 800 mètres en quarante-cinq ans ; et à Luléa, non moins, de 1,600 mètres en vingt-huit ans, — faits qui tous pourraient être admis sans nuire à la supposition que le niveau de la Baltique, de même que celui de l'Adriatique, est resté invariable pendant la période à laquelle les plaines du Pô et de l'Adige ont pris une extension considérable.

On a aussi allégué que certains rochers insulaires, entièrement couverts d'eau jadis, avaient fini par surgir au-dessus des vagues et par atteindre, en un siècle et demi, une hauteur de 2m40. L'expérience suivante fut faite dans le but d'expliquer ce phénomène : — Dans la Baltique, de gros blocs erratiques, ainsi que du sable et de petites pierres qui se trouvent sur des hauts-fonds, sont sujets, chaque année, à être enchâssés dans la glace, sur les points où la mer gèle jusqu'à 1m50 ou 1m80 de profondeur. Au printemps, lorsqu'à la fonte des neiges la mer s'élève d'une demi-brasse environ, on voit de nombreuses îles de glace flotter, en entraînant ces fragments de roches qu'elles transportent ainsi au loin ; et quand ces masses sont poussées par les vagues sur des hauts-fonds, elles les transforment parfois en îles, en y déposant les blocs qu'elles supportaient ; ou bien, si elles échouent sur des îles basses, elles en augmentent considérablement la hauteur.

Browallius et quelques autres naturalistes Suédois ont aussi prétendu que certaines îles étaient plus basses qu'autrefois, et que, d'après cette sorte de preuves, on pouvait également soutenir que le niveau de la Baltique s'élevait graduellement. Ils signalèrent en outre une autre preuve curieuse de la permanence du niveau de l'eau qui, en quelques points, du moins, s'était montré invariable pendant plusieurs siècles. Il existait sur la côte Finlandaise de gros pins et des chênes qui poussaient très-près du bord de l'eau ; ces arbres ayant été

(1) Plusieurs cartes anglaises portent Piteo et Luleo, au lieu de Pitea et Luléa mais la lettre *e* ne se prononce pas dans le diphthongue suédoise *a*.

coupés, on reconnut au nombre d'anneaux concentriques de croissance annuelle que présentèrent les sections transversales de leurs troncs, que quelques-uns d'entre eux avaient 400 ans. Or, suivant l'hypothèse de Celsius, la mer s'étant abaissée de 4m05 pendant cette période, il aurait fallu que la germination et la première pousse de ces arbres se fussent opérées, pendant plusieurs saisons, au-dessous du niveau des eaux. De même, on prétendit que les murs de plusieurs anciens châteaux, tels que ceux de Sonderburg et d'Abo, atteignaient alors le fond de l'eau; de sorte que, d'après la théorie de Celsius, ils auraient dû être construits originairement au-dessous du niveau de la mer.

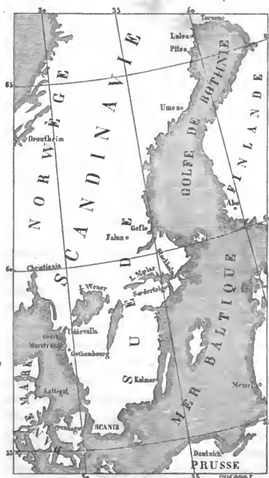
En réponse à ce dernier argument, le colonel Hallstrom, ingénieur Suédois, qui connaît parfaitement la côte de Finlande, m'a assuré que la base des murs du château d'Abo se trouve aujourd'hui à 3 mètres au-dessus de la surface de l'eau; d'où l'on doit conclure que la terre ferme a subi une élévation considérable depuis la construction de cet édifice. Mais quant à l'argument fondé sur la position des arbres, les professeurs Lovén et Erdmann ont fait récemment observer qu'il est irréfutable en ce qui concerne du moins une partie de la côte Finlandaise.

En 1802, Playfair, dans ses « Illustrations de la Théorie Huttonienne », tout en admettant comme suffisantes les preuves avancées par Celsius, attribuait le changement de niveau au mouvement de la terre ferme, plutôt qu'à la diminution des eaux. Il faisait observer « que pour déprimer ou élever le niveau absolu de la mer d'une quantité donnée, en un lieu déterminé, il faut que ce niveau soit déprimé ou élevé de la même quantité sur toute la surface du globe; tandis que cette nécessité n'existe nullement quand il s'agit de l'élévation ou de la dépression de la terre ferme (1). » L'hypothèse de

(1) Sect. 393.

l'exhaussement de la terre ferme, ajoute-t-il, « est en parfait accord avec la théorie Huttonienne, qui admet que nos conti-

Fig. 127.



nents sont sujets à subir l'influence des forces expansives des régions minérales, et que c'est par l'action de ces forces

qu'ils ont été successivement élevés, et qu'ils se trouvent maintenus dans leurs position actuelle (1). »

En 1807, de Buch, à son retour d'un voyage en Suède, déclara qu'il était convaincu « que toute la région comprise entre Fredrickshall, en Norwége, et Abo, en Finlande, ou même peut-être Saint-Pétersbourg, s'élevait lentement et d'une manière insensible. » Il suggéra aussi « que la Suède s'élevait plus que la Norwége, et la partie septentrionale de cette contrée plus que la partie méridionale (2). » Il avait été conduit à ces conclusions, non-seulement par les informations qu'il avait recueillies des habitants et des pilotes relativement aux marques faites sur les rochers, mais aussi par la présence de coquilles marines d'espèces récentes, qu'il trouva en différents points sur la côte de Norwége, au-dessus du niveau de la mer. De Buch a donc le mérite d'être le premier géologue qui, après un examen des preuves fait en personne, se soit prononcé en faveur de l'exhaussement de la terre ferme dans la Scandinavie.

L'attention qu'avait éveillée ce sujet dans la première partie du dernier siècle, conduisit plusieurs naturalistes Suédois à tenter de déterminer, à l'aide d'observations rigoureuses, si le point de repère, considéré comme étalon du niveau de la Baltique, était réellement sujet à des variations périodiques ; et, sous leur direction, des lignes ou rainures, indiquant le niveau ordinaire de l'eau par un temps calme, furent gravées sur des rochers, avec la date de l'année. De 1820 à 1821, toutes les marques faites antérieurement à ces deux années furent examinées par les officiers préposés au service du pilotage établi en Suède ; et ceux-ci, dans leur rapport à l'Académie Royale de Stockholm, déclarèrent qu'en comparant le niveau de la mer, à l'époque de leurs observations, avec celui qu'indiquaient les anciennes marques, ils avaient trouvé que la

(1) Sect. 398.
(2) *Récits de ses Voyages*, p. 387.

Baltique était plus basse relativement à la terre ferme en plusieurs points ; mais que, pendant des périodes égales de temps, ce changement n'avait pas été partout le même. Pendant leur reconnaissance, ils tracèrent de nouvelles marques destinées à servir de guide aux observateurs qui viendraient après eux. Quatorze ans après (dans l'été de 1834), j'eus occasion d'examiner plusieurs de ces marques, et il me sembla que pendant ce laps de temps la terre ferme, en certains points au nord de Stockholm, près de Gefle, par exemple, s'était élevée de 101 millimètres, ce qui portait le taux d'exhaussement à un peu moins de 76 centimètres par siècle. Mais à Stockholm, je conclus de la position de quelques vieux chênes qui se trouvent à 2^{m}40 seulement au-dessus du niveau de la mer, que le sol avait dû s'élever au plus de 25 centimètres par siècle, et peut-être d'une quantité moindre (1). En 1847, le professeur Axel Erdman calcula qu'à Stockholm, l'exhaussement avait à peine excédé 15 centimètres, et démontra, la même année, dans un mémoire lu à l'Académie Royale de Suède, la nécessité de déterminer le niveau moyen de la Baltique par une longue série d'observations faites aux différentes saisons de l'année. M. Wolfstedt, ingénieur Suédois, a prouvé que la partie septentrionale du golfe de Bothnie, où se jettent plusieurs grandes rivières, est de 4^{m}87 plus haute que la partie méridionale du même golfe; mais comme celui-ci a 960 kilomètres de longueur, on voit que, relativement à cette mesure, le taux d'affaissement par kilomètre est extrêmement petit, de sorte que la hauteur de l'eau, à des saisons correspondantes, ne peut éprouver que de légères variations, excepté dans les occasions où se fait sentir l'influence du vent. Lorsque, dans la quatrième édition de cet ouvrage, publiée en 1835, je donnai les résultats de ma tournée en Suède, j'exprimai l'opinion qu'il devait certainement exister des traces de

(1) Voy. un mémoire sur « l'Exhaussement de la terre ferme en Suède », par l'auteur, *Phil. Trans.*, 1835, part. I, p. 13. — Lu en novembre 1834

soulèvement de la terre dans les différents lieux visités par moi, tant sur la côte du golfe de Bothnie que sur celle de l'océan, c'est-à-dire sur les rivages occidentaux de la Suède, près de Gothenburg. De plus, je disais alors « que nous avions à apprendre non-seulement si le mouvement s'accomplit toujours dans les mêmes proportions, mais encore s'il a constamment eu lieu *dans la même direction*. Comme le niveau de la terre ferme est susceptible d'osciller, le même district peut, pendant plusieurs siècles, éprouver une dépression, et puis un nouveau soulèvement. Quelques phénomènes, observés dans le voisinage de Stockholm, ne me paraissent explicables qu'en admettant le soulèvement et l'abaissement alternatifs du sol depuis que cette région est habitée par l'homme. Lorsqu'en 1819 on creusa, à Sodertelje, à 25,700 mètres au sud de Stockholm, un canal destiné à faire communiquer le lac Mælar avec la Baltique, on traversa des strates marines contenant des coquilles fossiles dont les espèces appartenaient à la Baltique. A 18 mètres environ de profondeur, on trouva des débris qui parurent être ceux d'une hutte de pêcheur enfouie, construction toute en bois, qui se trouvait dans un tel état de décomposition qu'elle tomba en poussière dès qu'elle fut exposée à l'air. Toutefois, la partie la plus basse, qui était restée de niveau avec la mer, se présentait dans un meilleur état de conservation. Sur le plancher de cette hutte on voyait un foyer grossier, consistant en une rangée circulaire de pierres, au milieu duquel il y avait encore des cendres et du fraisil. A l'extérieur, on apercevait de grosses branches de sapin, qui semblaient avoir été coupées par une hache, et auxquelles les feuilles ou aiguilles adhéraient encore. Il paraît impossible d'expliquer la position de cette cabane, ainsi enfouie, à moins de supposer d'abord une dépression de plus de 18 mètres, et puis un réexhaussement. Pendant la période de submersion, la hutte dut être couverte de gravier et de marne coquillière, sous lesquels on trouva aussi des vaisseaux de

forme très-antique, et dont la charpente était assemblée avec des chevilles en bois au lieu de clous (1). »

Les investigations de MM. Lovén, Erdmann, Nordenskiöld, et plusieurs autres, faites depuis mon voyage de 1834 en Suède, ont toutes abouti à la confirmation de l'idée précédemment reçue, que des changements sont en voie de s'effectuer dans le niveau relatif de la terre ferme et de la mer, en certains points de la côte Suédoise, mais elles tendent à faire supposer que ces changements sont purement locaux. Dans le but de déterminer exactement la réalité du mouvement, ainsi que son étendue et sa direction, ces ingénieurs ont établi une série régulière d'observations annuelles qui n'ont pas encore assez de durée pour conduire à des résultats positifs.

En 1866, lord Selkirk examina de nouveau la plupart des marques que j'avais vues en 1834, tant dans le golfe de Bothnie que sur les côtes Suédoises, près de Gothenburg. Parmi les plus anciennes, la principale, celle de Löfgrund, près de Gèfle, semblait indiquer un abaissement de l'eau d'environ 228 millimètres en trente-deux ans, ce qui correspondait à un exhaussement de la terre ferme de 0^m60 à 0^m90 dans un siècle, comme je l'avais supposé ; mais d'autres marques, aux environs, impliquaient un changement de niveau bien moins considérable. Une ligne que j'avais moi-même gravée sur un rocher, dans l'ile de Gulholmen, située en vue de Oregrund sur la côte occidentale, fut trouvée ne s'être élevée que de 76 millimètres au-dessus du niveau de la mer depuis l'époque où je l'avais tracée. En résumé, après avoir comparé ces marques et plusieurs autres, lord Selkirk vint à conclure que, malgré l'absence des marées lunaires dans la Baltique et sur

(1) Voir mon mémoire déjà cité, *Phil. Trans.*, 1835, part. I, p. 8-9. On a essayé depuis d'expliquer la position de cette hutte, en prétendant qu'on avait précédemment creusé dans cet endroit une tranchée plus ancienne, qui s'était remplie, avec le temps, de sable transporté par le vent; mais les ingénieurs qui ont surveillé les travaux exécutés en 1819, m'ont affirmé avoir examiné toutes les hypothèses du même genre, sans en avoir trouvé une seule qui expliquât les faits.

la côte occidentale de la Suède, près de Gothenburg, il existe dans le niveau de la mer une si grande fluctuation journalière, due à l'action des vents et de plusieurs autres causes, que les observations d'un visiteur de passage ne sauraient offrir aucune valeur réelle pour déterminer le niveau moyen des eaux (1).

Après avoir examiné tout ce qui a été dit et publié sur ce sujet depuis le commencement du siècle actuel, je suis porté à croire, avec les pilotes, les pêcheurs et les ingénieurs, que le niveau primitif de la terre ferme et de la mer est en voie de subir une altération lente, le long de certaines parties de la côte Suédoise. Cette opinion n'est pas seulement admise par les habitants des localités où les rivières transportent du sédiment dans la mer, mais elle prévaut également dans les districts où les rochers plongent brusquement dans des eaux profondes, sur une étendue de plusieurs centaines de kilomètres. Il ne faut pas perdre de vue qu'il n'y a point de marées dans le golfe de Bothnie, si ce n'est aux alentours du Kattegat, et cela, seulement, lorsque des vents particuliers ont prédominé pendant plusieurs jours de suite, ou lorsqu'à certaines saisons il s'est déversé dans la mer une quantité d'eau de rivière plus considérable que de coutume, ou enfin lorsque la Baltique, ces causes venant à coïncider, s'élève de 0^m60 à 0^m90 au-dessus de son niveau normal.

La configuration du rivage offre, en outre, des particularités qui aident singulièrement à apprécier les moindres changements dans le niveau relatif de la terre ferme et de la mer. On a dit souvent qu'il existe deux côtes, l'une intérieure qui forme le rivage du continent, l'autre extérieure, qui consiste en une bordure d'iles rocheuses de toutes dimensions, appelée le Skar (*Shair*). Les bateaux et les petits navires font leurs voyages côtiers dans l'enceinte de ce skar, parce que là ils

(1) Lord Selkirk, « sur quelques marques du niveau de la mer observées le long de la côte Suédoise ». *Quart. Geol. Journ.*, 1867, p. 187

peuvent naviguer dans une eau tranquille, même lorsque la mer est fortement agitée à l'extérieur. Cependant la navigation y est très-difficile, et le pilote doit avoir une connaissance parfaite de la largeur et de la profondeur de tous les canaux étroits qui sillonnent ces parages, ainsi que de la position des innombrables écueils qui s'y rencontrent. Si, sur une telle côte, la terre s'élève de 0^m30 ou 0^m60 dans le cours d'un demi-siècle, la topographie peu étendue du skar se trouve entièrement changée. Il est vrai que son aspect général reste le même pour un étranger qui le visite de nouveau après un intervalle de plusieurs années ; mais l'habitant du pays qui ne peut plus pénétrer avec son bateau dans les canaux où il passait autrefois, peut se rendre compte de tous les autres changements sans nombre qu'ont subis, tant sous le rapport de la hauteur que sous celui de la largeur, des rochers isolés, qui aujourd'hui sont à découvert, mais que, jadis, on n'apercevait qu'à travers la transparence des eaux.

Les roches de gneiss, de micaschiste et de quartz sont ordinairement, sur cette côte, d'une très-grande dureté; elles se décomposent lentement et conservent pendant des siècles leurs formes parfaitement intactes, quand elles se trouvent garanties des brisants. Par suite, il devient facile d'indiquer la marche de leur émersion progressive à l'aide des marques naturelles et artificielles qui y sont incrustées. Indépendamment des sommets des roches *en place*, on rencontre un grand nombre de blocs erratiques d'une énorme grosseur, disséminés sur les hauts-fonds et sur les îles du skar, et qui, probablement, y ont été transportés par la glace de la manière que nous avons déjà indiquée (1). On a observé que toutes ces îles et tous ces hauts-fonds avaient augmenté en hauteur et en volume depuis un demi-siècle. Quelques-uns de ces derniers, signalés autrefois comme des récifs dan-

(1) Voy. p. 235 et chap. XVI, vol. I.

gereux, ne sont plus aujourd'hui recouverts par les eaux que lorsque la mer atteint sa plus grande hauteur. A première vue, ils offrent ordinairement l'aspect d'une protubérance unie, nue et arrondie, n'ayant que quelques décimètres ou mètres de diamètre, et ne sont fréquentés que par les goëlands qui viennent souvent s'y reposer et y dévorer leur proie. Plusieurs points semblables ont été convertis en récifs allongés dont la surface paraît toujours blanche, à cause des oiseaux de mer qui s'y rassemblent en foule. D'autres, au contraire, de récifs qu'ils étaient sont devenus de petits îlots, annuellement submergés, sur lesquels de rares lichens, des pousses de sapin et quelques brins d'herbes attestent que le haut-fond est finalement transformé en terre ferme. Des milliers d'îles boisées que l'on voit aux alentours montrent les changements considérables que le temps peut produire. Il se pourrait aussi que dans le cours des siècles, les espaces intermédiaires entre les îles actuelles fussent mis à sec, et devinssent des plaines verdoyantes entourées de hauteurs couvertes de sapins majestueux. Ce dernier degré de l'action, par suite de laquelle de longs fiords et d'étroits canaux qui séparaient jadis des îles boisées sont abandonnés par la mer, s'est accompli sous les yeux de témoins encore vivants sur plusieurs parties de la côte.

En 1834, lors de mon voyage en Suède, il était généralement admis que le changement supposé dans le niveau relatif de la terre ferme et de la mer ne se produit pas plus dans des proportions uniformes que dans une direction constante, sur tous les points qui séparent le cap Nord de la Scanie, c'est-à-dire de la partie la plus méridionale de la Suède, et qui sont éloignés les uns des autres de plus de 1,600 kilomètres. C'est, dit-on, au cap Nord que le taux du soulèvement est le plus considérable ; mais, jusqu'à ce jour, ce fait n'a été établi par aucune preuve scientifique exacte. Il se peut qu'à Gêfle, située à 144 kilomètres au nord de Stockholm, le mouvement s'élève, ainsi que nous l'avons déjà

dit, à 0m60 ou 0m90 par siècle, tandis qu'à Stockolm il excède à peine 15 millimètres pendant le même temps. Mais, à 26 kilomètres au sud-ouest de Stockholm, à Södertelje, le sol paraît être resté tout à fait stationnaire pendant le dernier siècle. En avançant plus loin vers le sud, le mouvement ascensionnel paraît être remplacé par un mouvement en sens contraire. A l'appui de ce fait, le Professeur Nilsson a fait remarquer les particularités suivantes : 1° Il n'y a point de lits élevés de coquilles marines récentes en Scanie, comme ceux que l'on rencontre plus au nord. 2° Linné, voulant s'assurer si les eaux de la Baltique se retiraient des côtes de la Scanie, mesura, en 1749, la distance qu'il y avait entre la mer et une grosse pierre placée près de Telleborg. En 1836, cette même pierre se trouvait à 30 mètres plus près du bord de l'eau que du temps de Linné, ou quatre-vingt-sept ans auparavant. 3° On a découvert aussi une tourbière, formée de plantes terrestres et d'eau douce, sur un point inférieur au niveau de la mer, et où la tourbe n'aurait pu être amenée par aucune rivière. 4° Enfin, ce qui est encore plus concluant, c'est que dans toutes les villes qui ont des ports sur les côtes de la Scanie, il existe des rues au-dessous du niveau des hautes eaux de la Baltique, et même quelquefois au-dessous du niveau des plus basses marées. Aussi, quand le vent est très-fort à Malmö, l'eau inonde une des rues actuelles ; et, il y a quelques années, divers travaux de fouille ont fait découvrir une ancienne rue précisément au-dessous d'une rue nouvelle, mais à 2m40 plus bas. On reconnut alors que le sol avait été exhaussé artificiellement, pour réparer sans doute l'effet de cette dépression. Il existe aussi une rue à Trelleborg, et une autre à Skanör, dont le niveau est inférieur de quelques millimètres à celui des hautes eaux ; à Ystad, une rue se trouve exactement au niveau de la mer, où il est bien certain qu'elle n'a pu être construite dans l'origine.

Si l'on passe du golfe de Bothnie à la côte septentrionale de

Gothenburg, on remarque que les pêcheurs et les marins de cette région sont convaincus, comme les contemporains de Celsius, que la mer va toujours s'abaissant, de manière à laisser de plus en plus à découvert les rochers qui forment les rivages du continent et des îles. Si les observations futures viennent confirmer cette opinion, la largeur de l'espace soumis au soulèvement et qui s'étend de l'ouest-nord-ouest à l'est-sud-est, doit excéder 200 milles géographiques, non compris le lit des deux mers qui sont adjacentes aux côtes.

Nous nous sommes bornés jusqu'ici à examiner presque exclusivement les changements de niveau qui ont eu lieu dans les temps historiques, nous allons maintenant rechercher les preuves géologiques qui concernent le séjour de la mer sur la terre ferme, à une époque tout à fait récente, dans ces parties de la Suède où l'on a tout lieu de supposer qu'un mouvement d'élévation est en voie de s'effectuer.

A cet égard les preuves sont on ne peut plus satisfaisantes. Près d'Uddevalla et de la côte voisine, on observe des dépôts soulevés de coquilles appartenant à des espèces semblables à celles qui vivent aujourd'hui dans l'océan ; tandis qu'à l'opposite, c'est-à-dire sur la côte orientale de la Suède, on trouve près de Stockholm, de Gêfle et de plusieurs autres localités situées sur le golfe de Bothnie, des lits analogues renfermant des coquilles d'espèces caractéristiques de la Baltique.

En 1807, de Buch annonça qu'il avait découvert en Norwége et à Uddevalla en Suède, des lits de coquilles appartenant à des espèces actuelles, à des hauteurs considérables au-dessus du niveau de la mer. Depuis, d'autres naturalistes ont confirmé son observation ; et, suivant Torell, des dépôts analogues se rencontrent à des hauteurs de 180 mètres et même de 210 mètres au-dessus de la mer dans certaines parties de la Norwége. Lorsque M. Alexandre Brongniart visita Uddevalla, il reconnut qu'une des principales masses de coquilles, celle de Capellbacken, se trouvait à plus de 60 mètres au-dessus du ni-

veau de la mer, qu'elle repose sur des rochers de gneiss, et que toutes les espèces dont elle est formée sont identiques avec celles qui habitent l'océan contigu. Le même naturaliste rapporte aussi qu'en examinant avec soin la surface du gneiss, immédiatement au-dessus de l'ancien dépôt coquillier, il trouva des balanes (*balani*) adhérant aux rochers, ce qui prouve que la mer a longtemps séjourné en cet endroit. Je fus assez heureux pour pouvoir vérifier cette observation par la découverte que je fis pendant l'été de 1834, à Kured, lieu situé à 3,200 mètres environ au nord d'Uddevalla, et à plus de 30 mètres au-dessus du niveau de la mer, d'une surface de gneiss mise récemment à découvert par l'extraction partielle d'une masse de coquilles que l'on emploie beaucoup dans le pays à faire de la chaux et à réparer les routes. Les balanes adhéraient si fortement au gneiss, qu'en cherchant à en détacher quelques-unes, je brisai des fragments de roche auxquels elles se trouvaient fixées. La surface du gneiss était aussi incrustée de briozoaires, mais il est fort probable que si ceux-ci ou les balanes eussent été exposés aux influences de l'atmosphère depuis l'exhaussement des roches au-dessus de la mer, ils se seraient décomposés et n'auraient laissé aucune trace.

La ville d'Uddevalla (voy. la carte, p. 237) est située à l'entrée d'une crique étroite entourée de roches abruptes et arides de gneiss dont tout le pays adjacent est composé, à l'exception des terres basses et des fonds de vallées, où des couches de sable, d'argile et de marne recouvrent souvent la roche fondamentale. C'est à ces dépôts récents et horizontaux, qui ont quelquefois 12 mètres d'épaisseur, qu'appartiennent les coquilles fossiles sus-mentionnées ; et l'on trouve des débris marins semblables, à la même hauteur environ au-dessus de la mer, dans l'île d'Orust, située à l'opposite, ainsi que dans celle de Tjörn, et sur des points voisins de la côte, en descendant plus loin vers le sud.

M. J. Gwyn Jeffreys visita Uddevalla en 1862, et recueillit, dans les lits de cette localité, 83 espèces de mollusques, caractéristiques de la Période Glaciaire. Il obtint aussi la preuve qu'un dépôt littoral et d'eaux basses gît au-dessous d'un lit de coquilles particulières à des eaux plus profondes, ce qui démontre évidemment une dépression du fond de la mer, antérieure au mouvement qui, depuis, a fait monter à la hauteur de plus de 60 mètres le sol où se trouvent les coquilles marines (1). Quant à la date de ce dernier soulèvement, M. Torell a montré qu'il ne remonte nullement à la Période Glaciaire, à laquelle appartiennent les coquilles dont nous venons de parler. Ces coquilles, si caractéristiques d'un climat froid, sont spécifiquement identiques avec les mollusques qui habitent aujourd'hui les mers du Spitzberg, situées par 10 degrés de latitude au nord d'Uddevalla. Mais, dans les dépôts récents que l'on observe près de cette localité, M. Torell a découvert, à la hauteur de 60 mètres au-dessus du niveau de la mer, les débris de testacés marins, qui concordent avec les espèces de la faune qui vit actuellement dans la mer adjacente plus tempérée (2). Il paraîtrait donc que la série de mouvements qui se produisirent dans le district en question consistèrent, d'abord en une dépression qui transforma les hauts-fonds en mer profonde, à l'époque où le froid sévissait avec une grande intensité, et puis, en un exhaussement de plus de 60 mètres, lorsque les eaux de la mer eurent acquis la température plus modérée dont elles jouissent aujourd'hui.

Revenons maintenant à la côte de la Baltique. — J'ai observé près des rivages du golfe de Bothnie, à Södertelje, ville située à 25,600 mètres au sud-ouest de Stockholm, des strates de sable, d'argile et de marne, de plus de 30 mètres de haut, et qui renferment des coquilles appartenant à des espèces qui vivent actuellement dans le golfe. Ces coquilles sont en partie

(1) *Gwyn Jeffrey's Report to Brit. Ass.*, 1863, p. 73

(2) Torell, *Beitrage*, etc., *Contributions to Molluscous Fauna of Spitzbergen*, 1859.

marines et en partie d'eau douce; mais elles sont peu nombreuses, la nature saumâtre de l'eau paraissant très-peu favorable au développement des testacés. Parmi les espèces les plus abondantes, on remarque la buearde et la moule commune, ainsi que le bigourneau des rivages de l'Angleterre (*Cardium edule*, *Mytilus edulis*, et *Littorina littorea*), une petite telline (T. *Baltica*, L; T. *solidula*, Pult.), et quelques petites univalves alliées à la *Paludina ulva*. Celles-ci vivent dans les mêmes eaux qu'une Limnée, une Néritine (N. *fluviatilis*) et quelques autres coquilles d'eau douce.

Mais les mollusques marins de la Baltique dont nous venons de parler, tout en étant fort nombreux quand on les considère individuellement, sont très-petits et atteignent à peine le tiers des dimensions moyennes qu'ils acquièrent dans les eaux salées de l'océan. Ce caractère seul suffirait, en général, pour permettre au géologue de distinguer à première vue dans une collection de fossiles, ceux qui appartiennent à la Baltique de ceux qui proviendraient d'un dépôt océanique. L'absence d'huitres, de balanes, de buccins, de peignes, de patelles (*ostrea*, *balanus*, *buccinum*, *pecten*, *patella*), et de plusieurs autres formes qui abondent aussi dans la mer, près d'Uddevalla, et dans les dépôts fossilifères modernes qu'on observe sur cette côte, ajoute encore un caractère négatif de la plus grande valeur à celui que nous venons d'indiquer, pour faire reconnaitre les assemblages de coquilles de la mer Baltique et ceux de l'océan. Or, les strates contenant des coquilles de la Baltique se rencontrent dans plusieurs localités voisines de Stockholm, d'Upsala et de Géfle, et l'on en découvrira probablement partout sur les bords du golfe de Bothnie; car j'ai vu des débris semblables apportés de Finlande, dans une marne ressemblant à celle des environs de Stockholm. La plus grande distance à laquelle, en 1835, on ait suivi ces dépôts dans l'intérieur des terres, se trouve en un point des rivages méridionaux du lac Mœlar, situé à 112 kilomètres de la mer; mais Erdman en a

depuis découvert à 69 mètres au-dessus du niveau de la mer, en une localité, connue sous le nom de Linde, qui est située à l'entrée du lac de même nom, et à 208 kilomètres à l'ouest de Stockholm. La différence qu'on observe entre les assemblages de coquilles fossiles des côtes orientales et des côtes occidentales de la Suède, fait croire que la Baltique a, pendant fort longtemps, été séparée de l'océan comme elle l'est à présent, quoique l'espace de terre intermédiaire fût autrefois beaucoup plus étroit, même après l'époque où les deux mers commencèrent à être habitées par toutes les espèces actuelles de testacés.

C'est à des recherches ultérieures qu'il appartient de faire connaître si quelques parties du sol de la Norwége sont actuellement en voie de s'élever. Des coquilles fossiles marines, d'espèces récentes, ont été recueillies en plusieurs points de l'intérieur des terres, près de Drontheim ; mais M. Everest nous apprend, dans son « Voyage en Norwége », que la petite ile de Munkholm, qui consiste en un rocher isolé dans le port de Drontheim, fournit la preuve évidente que le sol, dans cette région, est resté stationnaire pendant les huit derniers siècles. L'étendue de cette ile n'excède pas celle d'un petit village, et, d'après la détermination faite par les ingénieurs du gouvernement, son point le plus élevé se trouve être à 6m90 au-dessus de la marque moyenne des hautes eaux, c'est-à-dire, de la moyenne entre les petites et les grandes marées. Or, on sait qu'un monastère y a été fondé par Canut le Grand, en l'an 1028 de l'ère vulgaire, et que 33 ans avant cette époque, l'île servait de lieu ordinaire d'exécution. D'après le taux moyen supposé de l'élévation du sol en Suède (1 mètre environ par siècle), on serait obligé d'admettre que cette ile se trouvait à 1m10 audessous de la marque des hautes eaux, lorsque, dans le principe, elle fut choisie comme emplacement du monastère.

Le Professeur Keilhau de Christiania, après avoir réuni les observations de ses prédécesseurs relativement aux anciens

changements de niveau de la Norwége, et les avoir combinées avec les siennes, admet, comme un fait évident, que le changement général de niveau s'est effectué à une époque inconnue, mais, géologiquement parlant, moderne, c'est-à-dire à celle de la faune testacée actuelle. Suivant lui, toute la région qui s'étend depuis le cap Lindesnœs jusqu'au cap Nord, et bien plus loin jusqu'à la forteresse de Wardhuus, a été graduellement soulevée, et l'élévation sur la côte sud-est a dépassé 180 mètres. Les marques qui indiquent les anciennes lignes de côte sont si près d'être horizontales, que, bien qu'on ait pris les mesures sur un grand nombre de points, la déviation de l'horizontalité est si faible qu'elle devient inappréciable.

Toutefois, d'après les recherches faites récemment (1844) par M. Bravais, membre de la commission Française chargée d'une exploration scientifique dans le Nord, il paraît que, dans le golfe d'Alten, dans le Finmark, qui constitue la partie la plus septentrionale de la Norwége, il existe deux lignes distinctes d'anciennes côtes soulevées; elles sont placées l'une au-dessus de l'autre, sans être parallèles entre elles, et impliquent, sur un espace de 80 kilomètres, une pente considérable dont la direction particulière montre que les anciens rivages ont subi un exhaussement d'autant plus grand que l'on pénètre davantage dans l'intérieur des terres (1).

Les différentes hauteurs auxquelles on a observé, tant sur les côtes orientales que sur les côtes occidentales de la Norwége, des rivages soulevés horizontalement et remplis de coquilles récentes, ont paru prouver, d'une manière évidente, l'élévation subite du sol à plusieurs époques successives. Mais ce fait, interprété convenablement, prouve plutôt que la force ascensionnelle a agi d'une manière intermittente, et qu'il y a eu de

(1) *Quarterly Journ. of Geol. Soc.*, nº 1, p. 534. — Les observations de M. Bravais ont été vérifiées en 1849, par M. R. Chambers dans ses « *Tracings of N. of Europe* », p. 208.

longs intervalles de repos dans l'accomplissement des phénomènes de soulèvement. Il indique que parfois le niveau de la mer est resté stationnaire pendant plusieurs siècles, et que, durant ce temps, de nouvelles strates se sont déposées près du rivage, en quelques points, tandis qu'ailleurs, les vagues et les courants ont eu le temps de creuser les rochers, de miner les falaises, et d'accumuler de longues lignes de galets. Elles montrent, à n'en pas douter, que le mouvement n'a pas toujours été uniforme ou continu, mais elles n'indiquent aucun changement brusque de niveau.

Affaissement du sol dans une partie du Groenland. — Le soulèvement de la Scandinavie a naturellement été regardé comme un phénomène très-extraordinaire et à peine croyable, aucune région du globe n'ayant, depuis les temps authentiques de l'histoire, été moins sujette à de violents tremblements de terre. Il est vrai que de même que notre île et presque chacun des points du globe, la Suède et la Norwége ont éprouvé, de temps à autre, quelques commotions ; mais plusieurs de ces mouvements n'étaient peut-être, comme ceux qui furent ressentis pendant le tremblement de terre de Lisbonne de 1755, que de simples vibrations ou ondulations de l'écorce terrestre, prolongées jusqu'à une grande distance. D'autres, néanmoins, ont été suffisamment locaux pour indiquer l'existence d'une source de perturbation au-dessous de la contrée elle-même. Malgré ces secousses, la Scandinavie peut être considérée comme ayant été aussi tranquille dans les temps modernes, et aussi exempte de convulsions souterraines, qu'aucune autre région du globe d'une égale surface. On peut en dire autant d'une autre vaste étendue du Groenland, qui, dans les temps modernes, a éprouvé un mouvement lent et insensible, mais dans un sens contraire. Deux observateurs Danois, le Docteur Pingel et le Capitaine Graah, ont fourni les preuves évidentes de l'abaissement de la côte occidentale du Groenland, sur un espace de 960 kilomètres du nord au sud. Les observations du

Capitaine Graah furent commencées de 1823 à 1824, pendant que l'on exécutait une reconnaissance du Groenland, et continuées de 1828 à 1829; celles du Docteur Pingel furent faites de 1830 à 1832. Il paraît, d'après divers indices et traditions, que la côte s'est abaissée pendant les quatre derniers siècles, depuis le golfe Igaliko, par 60°43′ de latitude nord, jusqu'à la baie Disco, qui s'étend presque jusqu'au 60° de latitude nord. D'anciennes constructions élevées sur de basses îles rocheuses et sur le rivage du continent ont été graduellement submergées, et l'expérience a appris aux aborigènes Groenlandais qu'ils ne devaient jamais bâtir leur hutte près du bord de l'eau. Plus d'une fois les colons Moraviens ont été obligés d'avancer dans l'intérieur des terres les pieux sur lesquels étaient posés leurs bateaux, laissant les anciens sous l'eau, où, comme des témoins muets, ils attestent les changements qui se sont opérés (1).

Le fait de l'élévation et de la dépression graduelles de la terre ferme que nous venons de considérer dans ce chapitre comme ayant eu lieu sur ces vastes étendues de l'Europe et de l'Amérique Arctique, en partie dans la période historique et en partie dans les époques géologiques immédiatement antérieures, nous conduit naturellement à supposer que des changements extraordinaires doivent être continuellement en voie de s'accomplir dans les fondations souterraines de ces mêmes contrées. Soit qu'on attribue ces changements à la dilatation de la matière solide sous l'influence de l'action hydrothermique, ou à la liquéfaction des roches, ou à la solidification de masses minérales, quelles que soient enfin les conjectures auxquelles on se livre, il n'est pas permis de douter que la structure de l'écorce de notre globe n'éprouve, à des profondeurs inconnues, des modifications très-importantes qui s'effectuent d'une manière graduelle.

(1) Voy. *Proceedings of Geol. Soc.*, n° 42, p. 208. En 1834, j'ai eu moi-même une conversation sur ce sujet avec M. Pingel, à Copenhague, en 1834.

CHAPITRE XXXII.

CAUSES DES TREMBLEMENTS DE TERRE ET DES VOLCANS.

Connexion intime entre les causes des volcans et celles des tremblements de terre. — Supposition relative à la fluidité originaire de notre planète. — La forme sphéroïdale de la terre ne prouve pas sa fluidité universelle dans le principe. — Tentative pour calculer l'épaisseur de la croûte solide de la terre par le mouvement de précession. — Augmentation de la chaleur de la croûte terrestre avec sa profondeur, mais non d'une manière égale. — Le noyau fluide de l'intérieur de la terre n'a pas de mouvements de marée sensibles. — Changement supposé de l'axe de la croûte terrestre. — Fluidité partielle de la croûte terrestre intimement liée avec les tremblements de terre des temps passés et présents — Abandon des données sur lesquelles les premiers géologues appuyaient leur théorie relative à la fluidité originaire de la croûte terrestre.— Considérations sur la doctrine relative à une diminution continuelle de la chaleur terrestre et de la chaleur solaire.

D'après la description que nous avons donnée des phénomènes relatifs aux tremblements de terre et aux volcans, il n'est guère possible de douter que ces phénomènes n'aient, jusqu'à un certain point, une origine commune ; nous allons maintenant nous livrer à l'examen de leurs causes probables, en commençant par récapituler quelques-uns des points de relation et d'analogie qui conduisent naturellement à leur attribuer une origine identique.

C'est dans les régions bouleversées par de violents tremblements de terre que se trouvent tous les volcans en activité. Des commotions, tantôt locales, et tantôt se manifestant sur de vastes étendues, précèdent souvent les éruptions volcaniques. Les mouvements souterrains et les éruptions se reproduisent de temps à autre sur les mêmes points, mais à des intervalles de temps irréguliers, et avec des degrés d'intensité différents. Leur action peut ne durer que quelques heures, ou se prolonger pendant plusieurs années consécutives. Des révolutions violentes du genre des deux phénomènes en question, sont ordinairement suivies par de longues périodes de tranquillité.

Les sources minérales et thermales sont très-abondantes dans les contrées sujettes aux tremblements de terre et qui renferment des volcans en activité. Enfin, on a vu la température de certaines sources situées dans des districts extrêmement éloignés de tout orifice volcanique, s'abaisser ou s'élever subitement, et le volume de leurs eaux augmenter ou diminuer par l'effet de mouvements souterrains.

Tous ces phénomènes sont, évidemment, plus ou moins liés à la transmission de la chaleur de l'intérieur de la terre à la surface ; et partout où il existe des volcans en activité, il doit y avoir au-dessous, à quelque profondeur inconnue, des masses énormes de matière douées d'une très-haute température, et se trouvant même parfois dans un état permanent de fusion. Nous avons donc à rechercher d'abord d'où vient cette chaleur.

Fluidité supposée de la partie centrale de la terre. — Pendant longtemps on a supposé que notre planète entière était, à l'origine, dans un état de fusion ignée, et que les parties centrales conservaient encore aujourd'hui une grande portion de leur chaleur primitive. Quelques auteurs ont imaginé, avec feu Sir W. Herschel, que la matière élémentaire de la terre avait pu être d'abord dans un état gazeux, analogue à celui des nébuleuses que l'on aperçoit dans le ciel, et dont les dimensions sont si considérables, que quelques-unes d'entre elles rempliraient les orbites des planètes les plus éloignées de notre système. A l'aide du télescope, dont la puissance a été accrue dans ces derniers temps, on a reconnu que le plus grand nombre de ces apparences nébuleuses était dû à des groupes d'étoiles ; mais tant qu'on les a fait consister en matière aériforme, on a pensé que cette matière pourrait, si elle était condensée, former des sphères solides, et l'on a même supposé que l'émission de la chaleur qui en accompagne la condensation, pouvait suffire pour maintenir les éléments des nouveaux globes dans un état de fusion igné.

Sans nous arrêter à de pareilles spéculations, qui ne sau-

raient avoir qu'une influence très-indirecte sur la géologie, nous examinerons jusqu'à quel point la forme sphéroïdale de la terre offre une raison suffisante pour admettre que notre globe était, à l'origine, dans un état de fluidité générale. Toute discussion à ce sujet serait superflue, si la doctrine de la fluidité primitive était moins généralement répandue ; car on peut se demander pourquoi l'on supposerait que, dans le principe, notre globe avait une forme différente de celle qu'il a présentement? — pourquoi les matériaux terrestres, une fois créés, ou réunis ensemble, n'auraient point été soumis à un mouvement de rotation, qui leur permît de prendre immédiatement la seule forme capable de maintenir leurs diverses parties à l'état d'équilibre?

Admettons, toutefois, que la figure d'équilibre puisse être une modification d'une autre forme préexistante, et supposons que le globe ait été d'abord une sphère parfaite, à l'état de repos, et recouverte d'une mer uniforme, — que serait-il arrivé au moment où elle eût commencé à tourner autour de son axe avec sa vitesse actuelle? Ce problème a été examiné par Playfair dans ses « Illustrations », et cet examen l'a conduit à penser que si la surface de la terre, telle qu'elle est représentée dans la théorie de Hutton, a subi plusieurs changements, par suite du transport des détritus de la terre ferme au fond de l'océan, la forme de la planète doit, dans ce cas, quelle qu'ait pu être cette forme à l'origine, finir par coïncider avec le sphéroïde d'équilibre (1). Prenant pour point de départ cette même hypothèse, Sir John Herschel observe aussi que « dans ce cas, il se produirait une force centrifuge dont la tendance générale serait de contraindre les eaux, en chaque point de la surface, à *s'éloigner* de *l'axe*. On pourrait même concevoir une rotation assez rapide pour chasser tout l'océan de la surface de la terre, comme on expulse l'eau d'un linge mouillé ; mais un

(1) *Illust. of Hutt. Theory*, § 435-443.

tel résultat exigerait une vitesse beaucoup plus grande que celle dont il s'agit ici. Dans le cas supposé, le *poids* de l'eau suffirait pour la retenir *sur* la terre, et l'effet de la force centrifuge consisterait simplement à éloigner l'eau des pôles et à la faire refluer vers l'équateur, où elle s'accumulerait en forme de bourrelet circulaire, et où elle se trouverait retenue contrairement à son poids et à sa tendance naturelle vers le centre, par la pression ainsi produite. Ceci, toutefois, ne pourrait avoir lieu sans qu'il en résultât la mise à sec des régions polaires qui, alors, se trouveraient occupées par des continents élevés, tandis qu'une zone océanique entourerait l'équateur. Tel serait le premier effet, l'effet immédiat de l'état de choses supposé dans l'hypothèse en question. Voyons à présent ce qui arriverait plus tard, en laissant les choses suivre leur cours naturel.

« La mer bat continuellement les côtes de la terre ferme ; elle les ronge, et en disperse sur le fond de son bassin les particules et les fragments, à l'état de sable et de galets. Un grand nombre de faits géologiques attestent pleinement que les continents ont tous subi, à plusieurs reprises et plus ou moins, les effets de cette action ; qu'ils ont été entièrement réduits en fragments ou en poussière, submergés, puis reconstruits. La terre ferme, considérée à ce point de vue, ne justifie donc pas son attribut de fixité. Comme masse solide, elle peut résister à des forces auxquelles l'eau obéit librement ; mais lorsque, dans son état de dégradation subite ou successive, elle se trouve disséminée dans l'eau, sous forme de sable ou de limon, elle participe à tous les mouvements de ce liquide. Ainsi, dans le cours des siècles, les continents seront détruits, et leurs débris se répandront sur le fond de l'océan, où, remplissant les cavités les plus profondes, ils tendront continuellement à rendre à la surface du noyau solide la *forme d'équilibre*. On voit donc, en admettant que la terre soit douée d'un mouvement de rotation, qu'après un laps de temps suf-

fisant, les protubérances polaires disparaîtront graduellement, et seront transportées à l'équateur (où se trouvera ***alors*** la *mer la plus profonde*), jusqu'à ce que la terre prenne peu à peu la forme que nous lui connaissons aujourd'hui, — celle d'un ellipsoïde ***aplati.***

« Nous sommes loin de prétendre que ce soit réellement ainsi que la terre est arrivée à prendre sa forme actuelle ; notre seul but est de montrer que telle est la figure qu'elle tend à prendre, étant soumise à un mouvement de rotation autour de son axe, et celle qu'elle prendrait même, lors même qu'originairement, et en quelque sorte par erreur, elle eût été constituée de toute autre manière (1). »

Quoique dans ce passage l'auteur n'ait fait aucune mention des rivières, il n'en est pas moins vrai qu'elles jouent un rôle considérable dans la dégradation de la terre ferme polaire, soumise aux conditions que nous venons de supposer. Sir J. Herschel n'a aussi considéré que les effets des causes aqueuses, et ne paraît pas avoir songé, pas plus que Playfair, à appliquer le même ordre de considérations à une autre partie du système de Hutton, — celle où cet auteur attribue à la chaleur la fusion successive de différentes parties de la terre solide. Cependant les progrès de la géologie ont toujours confirmé les preuves alléguées à l'appui de l'hypothèse qui admet que des variations locales de température ont déterminé successivement la fusion des diverses parties de la croûte terrestre, et que cette influence s'est peut-être étendue jusqu'au centre même de notre planète. Si donc, le globe, avant qu'il eût pris sa forme actuelle, a obéi à un mouvement de rotation qui lui a été imprimé autour de son axe, toute la matière douée d'un libre mouvement par l'effet de la fusion aurait, avant de se consolider, été poussée vers les régions équatoriales en vertu de la force centrifuge. Ainsi, la lave, en se déversant

(1) Herschel, *Astronomie*, chap. III.

en courants superficiels, eût été retardée dans sa marche lorsqu'elle se fût dirigée vers les pôles, de même que son cours eût été accéléré, en avançant vers l'équateur ; ou si, dans les régions équatoriales, il existait alors, en dessous de l'écorce terrestre, des lacs et des mers de lave, comme il s'en trouve probablement aujourd'hui sous les Andes du Pérou, le fluide ainsi emprisonné se serait frayé une issue pour s'échapper et aurait soulevé d'une manière permanente les roches sus-jacentes. La figure d'équilibre du sphéroïde terrestre (dont le plus long diamètre excède le plus court d'environ 40 kilomètres) peut donc être le résultat de causes graduelles et même encore existantes, et non celui d'un état de fluidité primitive, universelle et simultanée (1).

Des expériences faites à l'aide du pendule, et des observations sur la manière dont la terre attire la lune, ont montré que notre planète n'est point une sphère vide, mais, au contraire, que son intérieur, soit solide, soit liquide, a une pesanteur spécifique plus grande que l'extérieur. On a également conclu de certaines inégalités que l'on observe dans la marche de la lune, que la densité de la terre augmente d'une manière régulière de la surface vers le centre, et que la protubérance équatoriale se continue dans l'intérieur ; c'est-à-dire, que des couches d'égale densité sont disposées elliptiquement et symétriquement de l'extérieur au centre.

La densité moyenne de la terre a été calculée par Laplace. Il a trouvé qu'elle était d'environ 5 $^1/_2$, ou de plus de cinq fois celle de l'eau. Or la pesanteur spécifique de la plupart de nos roches est de 2 $^1/_2$ à 3, et celle du plus grand nombre des métaux est comprise entre ce dernier chiffre et 21. Quelques auteurs en ont conclu que le noyau terrestre pourrait bien être métallique et correspondre, par exemple, à la pesanteur spécifique du fer, qui est de 7 environ. Mais ici une question

(1) Voy. Hennessy, sur les changements relatifs à la forme de la terre, etc. *Journ. Geol. Soc.* Dublin, 1849 ; et *Proc. Roy. Irish Acad.*, vol. IV, p. 337.

intéressante se trouve soulevée à l'égard de la forme que les matériaux, soit solides, soit liquides, prendraient, s'ils étaient soumis à l'énorme pression qui doit s'exercer au centre de la terre. L'eau, si elle continuait à diminuer de volume suivant le degré de compressibilité que l'expérience a indiqué, doublerait de densité à la profondeur de 149,666 mètres, et deviendrait aussi pesante que le mercure à celle de 582,477 mètres. Le docteur Young a calculé qu'au centre de la terre l'acier serait réduit au quart de son volume, et la pierre au huitième du sien (1). Il est plus que probable, cependant, que passé un certain degré de condensation, la compressibilité des corps peut être assujettie à des lois complétement différentes de celles qu'il nous est donné de soumettre à l'épreuve de l'expérience ; mais, cette limite n'étant pas encore déterminée, la question reste enveloppée d'une telle obscurité, qu'on ne peut s'étonner du grand nombre d'hypothèses qui ont été avancées à l'égard de la nature du noyau central et des conditions dans lesquelles il se trouve. Quelques-uns ont supposé que ce noyau était solide, d'autres qu'il était fluide, et plusieurs ont même pensé qu'il avait une structure caverneuse, — opinion qu'ils s'efforcèrent de confirmer en s'appuyant sur les irrégularités observées en certaines contrées dans les vibrations du pendule.

M. Hopkins a essayé de déterminer l'épaisseur minimum que l'on peut assigner à la croûte solide du globe, dans l'hypothèse où le globe entier aurait été jadis complétement fluide, et où certaine portion de l'extérieur aurait acquis de la solidité par suite d'un refroidissement graduel. Il a tâché d'arriver à ce résultat par une nouvelle solution du problème si délicat du mouvement de précession du pôle de la terre, occasionné, ainsi que nous l'avons déjà dit p. 358 vol. I, par l'attraction de la lune et du soleil, et surtout de la lune, sur les parties saillantes de l'équateur terrestre ; car si ces parties étaient so-

(1) *Young's Lectures* et *Mrs. Sommerville's Connection of the Physical science*, 90.

lides jusqu'à une grande profondeur, le mouvement ainsi produit différerait considérablement de celui qui aurait lieu si elles étaient complétement fluides et incrustées d'une pellicule superficielle de quelques kilomètres seulement d'épaisseur. En d'autres termes, l'action perturbatrice de la lune sur un globe complétement solide ne serait pas la même que sur un globe presque entièrement fluide; et sur une sphère dont la pellicule formerait la moitié de la masse, elle s'exercerait autrement que sur une sphère dont l'écorce ne serait que le dixième du tout.

M. Hopkins a donc calculé la somme du mouvement de précession qui se produirait si la terre était constituée comme nous l'avons supposé, c'est-à-dire si elle était fluide intérieurement et recouverte d'une enveloppe solide ; et il a trouvé que la quantité cherchée ne pouvait s'accorder avec le mouvement observé, à moins que la croûte terrestre n'eût une certaine épaisseur. En calculant cette valeur avec toute l'exactitude possible, quelques doutes s'élèvent par suite de notre ignorance relativement aux effets de la pression, lorsque la solidification de la matière s'effectue sous de hautes températures. L'hypothèse la moins favorable à une grande épaisseur est celle qui admet que la pression n'exerce aucune influence sur l'acte de la solidification. Mais, même dans cette supposition exagérée, l'épaisseur de la croûte solide devrait être à peu près de 643 $^1/_2$ kilomètres, ce qui conduirait à ce résultat remarquable que la partie solide serait, par rapport à la partie fluide, dans la proportion de 49 à 51, ou, en d'autres termes, qu'il y aurait presque autant de matière solide que de matière liquide dans le globe. Toutefois, la conclusion que M. Hopkins annonce comme l'expression définitive de ses recherches, serait celle-ci : « En résumé, on peut se risquer à dire que l'épaisseur minimum de la croûte terrestre, évaluée d'après les observations faites sur la somme du mouvement de précession, ne saurait être inférieure au quart, ou au cinquième du rayon

de la terre ; » c'est-à-dire à 1,287 ou 1,609 kilomètres (1).

Nous remarquerons que cette évaluation n'est qu'un *minimum*, et qu'une épaisseur encore *plus grande* s'accorderait parfaitement avec les phénomènes actuels; ces calculs n'étant pas contraires à l'hypothèse qui admet l'état de solidité générale du globe entier. Ils ne sauraient non plus nous empêcher de supposer que des mers ou de grands lacs de matière en fusion puissent être distribués dans une écorce de 643 à 1,287 kilomètres d'épaisseur, pourvu qu'ils soient disposés de manière à se mouvoir avec elle, quel que puisse être le mouvement de rotation communiqué à cette masse par les forces perturbatrices du soleil et de la lune.

Augmentation de la température en raison de la profondeur. — L'hypothèse de la fluidité intérieure réclame d'autant plus notre attention, qu'on sait que la chaleur augmente dans les mines à mesure qu'on y descend. Des observations ont été faites non-seulement sur la température de l'air dans les mines, mais aussi sur celle des roches et de l'eau qui en sort. Le taux moyen de l'augmentation, calculé d'après les expériences les plus exactes que l'on ait faites dans deux puits de mines situés, l'un aux environs de Durham, et l'autre près de Manchester, ayant chacun une profondeur de 600 mètres, est de 1° centigrade pour une profondeur de 35 à 38 mètres, évaluation bien moins considérable que celle que l'on avait d'abord trouvée dans les houillères des mêmes districts (2). Cette quantité s'accorde, toutefois, à très-peu de chose près avec celle qu'avaient fourni des observations antérieures faites dans plusieurs des principales mines de plomb et de cuivre de la Saxe, et qui était de 1° centigrade par 35 mètres. Pour ces expériences, on avait logé la boule du thermomètre dans des cavités préalablement creusées dans la

(1) *Phil. Trans.*, 1839, et *Recherches de Géologie physique*, 1re, 2e et 3e séries; Londres, 1839-1842. Voy. aussi *Phénomènes et théorie des Volcans; Report British Assoc.*, 1847.

(2) Ces observations ont été faites par le Professeur Philips.

roche solide, à des profondeurs variant entre 60 et 270 mètres; mais dans d'autres mines de la même contrée, on fut obligé de descendre trois fois aussi bas pour chaque degré de température (1).

Un thermomètre fut placé par M. Fox dans la roche de la mine de Dolcoath (Cornouailles), à l'énorme profondeur de 421 mètres ; il fut fréquemment observé pendant 18 mois, et il accusait moyennement une température de 20° centigrades, celle de la surface étant de 10°, ce qui donne 1° centigrade environ pour chaque 22 mètres de profondeur.

Kupffer, après avoir comparé un grand nombre de résultats obtenus dans différentes contrées, croit pouvoir établir que l'augmentation de la chaleur est d'environ 1° centigrade par 20 mètres (2). M. Cordier annonce, comme résultat de ses expériences et de ses observations sur la température de l'intérieur de la terre, que la chaleur augmente rapidement avec la profondeur ; mais que l'accroissement ne suit pas la même loi par toute la terre, qu'il peut être double ou triple d'un pays à un autre, sans que ces différences soient en rapport constant ni avec les latitudes ni avec les longitudes des lieux. Il pense, toutefois, que l'augmentation de chaleur peut être fixée sans exagération à 1° centigrade par 25 mètres de profondeur (3). Le puits artésien qu'on a foré à l'abattoir de Grenelle, à Paris, donnait, ainsi que nous l'avons constaté (vol. I, p. 514), 1° centigrade d'accroissement de température par 31 mètres, lorsqu'il eut atteint une profondeur de 540 mètres.

A Naples, suivant M. Mallet, l'eau du puits artésien qui se trouve au Palais-Royal jouit, à la profondeur de 438 mètres, d'une température de 20° centigrades seulement, ce qui donne, déduction faite de la température de la surface du sol, qui est de 16°,11 centigrades, une augmentation de chaleur de 1° cen-

(1) Cordier, *Mém. de l'Institut*, t. VII.

(2) *Pog. Ann.*, t. XV, p. 159.

(3) Voy. le mémoire de M. Cordier sur la température de l'intérieur de la terre, juin 1827. *Mém. de l'Institut*, t. VII, et *Edin. New Phil. Journ.*, n° VIII, p. 273.

tigrade par 109 mètres. Un autre puits de la même ville, profond de 273 mètres, et qui a été creusé à 1,600 mètres du premier, donne 1° centigrade par 45 mètres. On a supposé que la température basse du premier puits est due probablement à l'influence réfrigérante de l'eau douce et de l'eau de mer qui peuvent filtrer à travers les couches poreuses de tuf.

Quelques auteurs ont essayé de rapporter ces phénomènes de température (qui, bien que discordant quant au taux de l'accroissement, paraissent tous agir dans le même sens) à la condensation de l'air qui descend constamment de la surface dans les mines; car l'air, lorsqu'il est comprimé, doit dégager de la chaleur latente, par la même raison qu'il devient plus froid lorsqu'il est raréfié dans les hautes régions de l'atmosphère. Mais, indépendamment de ce que la quantité de chaleur est bien plus grande que celle que l'on peut attribuer à une telle cause, cet argument a été réfuté, d'une manière satisfaisante, par M. Fox, qui a démontré que dans les mines de Cornouailles, les courants d'air ascendants avaient, en général, une température plus élevée que les courants descendants. Cette différence, qui paraît varier entre 5° et 9°,4 centigrades, prouve qu'au lieu de communiquer de la chaleur aux mines, ces courants leur en enlèvent, au contraire, une grande quantité (1).

Si nous adoptons, comme résultat moyen, l'évaluation de 1° centigrade pour 35 mètres de profondeur, et si nous supposons, avec les partisans de la fluidité du noyau central, que la température continue à s'accroître en descendant jusqu'à une distance indéfinie, nous atteindrons le point d'ébullition de l'eau à plus de 3,218 mètres au-dessous de la surface, et celui de la fusion du fer (plus de 1,500° centigrades suivant le pyromètre de Daniell) et de presque toutes les substances connues, à la profondeur de 54,716 mètres. Dans le dessin ci-après (fig. 128,

(1) *Phil Mag. et Ann.*, fevr. 1830.

p. 272), la ligne circulaire extérieure représente une épaisseur de 40 kilomètres, et l'espace compris entre les deux cercles, en y ajoutant l'épaisseur des lignes elles-mêmes, une profondeur de 322 kilomètres. S'il est donc vrai que la chaleur augmente dans la proportion que nous venons d'énoncer, nous devrions rencontrer, à peu de distance au-dessous de la ligne extérieure, une température plusieurs fois supérieure à celle qui suffit pour fondre les substances les plus réfractaires connues. Dans ce cas, à des profondeurs bien plus considérables, quoique encore très-éloignées du noyau central, la chaleur devrait avoir une intensité telle (160 fois celle du point de fusion du fer), qu'il serait impossible de concevoir comment la croûte terrestre peut résister à son action sans se fondre (1).

Peut-être dira-t-on que nous pouvons nous maintenir sur la surface durcie d'un courant de lave pendant qu'il est encore en mouvement, — et même descendre dans le cratère du Vésuve après une éruption, et nous tenir sur les scories au moment où chaque crevasse nous laisse apercevoir la roche incandescente à 0m60 ou 0m90 au-dessous de nous, ce qui permet de supposer qu'un peu plus bas elle est entièrement à l'état de fusion, et qu'à une profondeur de plusieurs centaines de mètres ou de kilomètres, il règne une chaleur beaucoup plus intense encore. — A cela nous répondrons que jusqu'à ce qu'une grande quantité de chaleur ait été abandonnée, soit par l'émission de la lave, soit, sous forme latente, par un dégagement de vapeur d'eau et de gaz, la matière fondue continue à être en ébullition dans le cratère d'un volcan. Mais cette ébullition cesse quand il ne vient plus d'en bas une quan-

(1) M. Daniell a eu recours à la dilatation du platine, dans son pyromètre, dont les résultats ont été trouvés uniformes, constants et parfaitement d'accord avec ceux que l'on a obtenus à l'aide de divers autres procédés. Mais le docteur Percy m'apprend que pour mesurer exactement une chaleur intense, il ne faut pas plus compter sur cet instrument que sur aucun de ceux qui jusqu'ici ont été inventés dans ce but. Il fait remarquer, en outre, que le fer malléable exige bien plus de chaleur, pour sa fusion, que le fer forgé, état dans lequel le métal est mêlé avec une petite quantité de carbone.

tité de chaleur suffisante pour l'entretenir, et il peut alors se former une croûte de lave sur la partie supérieure, ce qui permet à des pluies de scories d'y tomber et de s'y maintenir sans se fondre. Si la chaleur intérieure vient à être augmentée de nouveau, l'ébullition recommence, et détermine bientôt la fusion de la croûte superficielle. De même, dans le cas du courant en mouvement dont nous parlions tout à l'heure, nous pouvons supposer en toute assurance qu'aucune partie du liquide qui se trouve au-dessous de la surface durcie n'a une température de beaucoup supérieure à celle qui suffit pour le maintenir à l'état de fluidité.

M. Poisson, dans sa Théorie mathématique de la chaleur, publiée en 1835, combat la doctrine de la haute température d'un noyau central, et déclare admettre que si le globe a jamais passé d'un état liquide à un état solide par l'effet d'une perte de chaleur due au rayonnement, c'est le noyau central qui doit avoir le premier commencé à se refroidir et à se consolider.

Absence de mouvements de marée à l'intérieur. — Plusieurs partisans de la fluidité centrale admettent qu'il doit y avoir des mouvements de marée dans l'océan intérieur en fusion ; mais, suivant Cordier, leur effet s'est beaucoup affaibli, bien qu'à l'origine, lorsque le globe était dans un état de fluidité complète, « les plus grandes de ces anciennes marées terrestres ne pussent pas avoir moins de quatre à cinq mètres. » Or, en supposant pour un instant que ces marées soient devenues assez faibles pour ne pouvoir pas occasionner toutes les six heures un mouvement de soulèvement, puis un mouvement de dépression dans l'écorce fissurée de la terre, ne devrons-nous point encore nous demander si, pendant l'éruption de chaque volcan, la lave, que l'on suppose être en communication avec un grand océan central, ne s'élèverait pas et ne s'abaisserait pas sensiblement dans un cratère tel que celui du Stromboli, par exemple, qui renferme toujours de la matière en ébullition,

et si le liquide ne serait pas soumis d'une manière constante à des mouvements de flux et de reflux?

Changement supposé de l'axe de la croûte terrestre. — J'ai fait allusion, dans le chapitre XIII de cet ouvrage, à un mémoire ingénieux (1), rempli de considérations fort intéressantes, et dans lequel l'auteur, M. Evans, suppose que les anciens changements de climat à la surface du globe pourraient bien coïncider avec le glissement d'une enveloppe solide sur un noyau fluide intérieur. En admettant pour l'instant cette fluidité, il n'y a pas de doute que l'équilibre de l'enveloppe extérieure se trouverait rompu par suite du transport du sédiment d'une partie à une autre de la surface, ou par le soulèvement de nouveaux continents et de nouvelles îles; et M. Evans démontre que partout où la matière est enlevée d'un point et vient s'accumuler sur un autre, la force centrifuge de ce supplément de matière étrangère a une tendance à se porter vers l'équateur, ou à produire un effet contraire, si la surface était soulagée d'une partie de son poids, auquel cas la portion la plus légère se mettrait en mouvement vers le pôle.

Newton, et après lui Laplace, ont combattu la probabilité d'un déplacement de l'axe de rotation de la terre, et plus récemment, M. Airy a avancé, entre autres arguments, que l'élévation des chaînes de montagnes à certaines époques géologiques, à laquelle on avait attribué un changement du centre de gravité de la terre, est une cause tout à fait insignifiante, vu que le volume de ces masses montagneuses est excessivement petit, quand on le compare à celui de la protubérance équatoriale, qui forme, dit-il, une accumulation de matière de 40,000 kilomètres de long sur 9,600 kilomètres de large et 21 kilomètres de profondeur. M. Evans ajoute qu'il se peut bien que l'axe de rotation du noyau soit resté invariable, tandis que celui d'une enveloppe solide qui n'a peut-être pas

(1) T. Evans, *Royal Society Proceedings*, 1866.

plus de 40 kilomètres d'épaisseur ait subi un déplacement. A cette hypothèse nous répondrons par plusieurs objections :

Premièrement, à toutes les époques géologiques, le transport du sédiment s'est effectué non-seulement des latitudes élevées vers les inférieures, mais aussi des latitudes inférieures vers les plus élevées. D'un autre côté les diverses élévations et dépressions de la terre ferme qui sont simultanément en voie de s'accomplir ont également tendance à contrebalancer leurs effets. Ce n'est enfin qu'un excès d'altération dans une même direction qui puisse être regardée comme une cause perturbatrice, et il est bien difficile d'imaginer cet excès assez important pour occasionner, même dans l'axe de rotation de l'enveloppe solide, un déplacement sensible, à l'aide duquel il soit possible d'expliquer les changements de climat qu'a éprouvés la même contrée à des périodes géologiques successives.

Secondement, une difficulté bien plus grande surgit de ce fait que la terre étant un sphéroïde et non une sphère parfaite, il devient nécessaire de supposer la fluidité du noyau assez complète pour que l'enveloppe solide puisse glisser librement au-dessus. Si la surface inférieure ou interne de l'enveloppe est de forme irrégulière, ou même si quelqu'une de ses parties est visqueuse, cette enveloppe éprouvera une très-forte résistance, chaque fois qu'elle devra changer de position. Sa liberté de glissement sera contrariée par son défaut d'adaptation avec le noyau, et son changement de position, supposé même qu'il soit toujours très-petit, ne s'effectuera qu'avec des frottements excessivement violents, par suite desquels se produiront la voussure et le déchirement de la masse incombante.

Compatibilité de la fluidité partielle de la croûte terrestre avec les phénomènes volcaniques. — Il ne faut pas oublier que les spéculations géologiques encore en vogue, relativement à la fluidité originelle de la planète et à la consolidation graduelle de son enveloppe extérieure, appartien-

nent à une époque où les idées théoriques sur l'âge relatif des roches cristallines qui constituent les fondations de cette enveloppe, étaient en complet désaccord avec l'état actuel de nos connaissances. On pensait autrefois que tous les granits étaient de la plus haute antiquité, et que les roches, telles que le gneiss, le micaschiste et le schiste argileux avaient une origine antérieure à celle des êtres organiques sur une surface habitable. On supposait, en outre, que toutes ces formations, qu'on appelait primitives, impliquaient un accroissement d'épaisseur de l'écorce terrestre qui se continuait aux dépens du noyau fluide originel. Ces idées ont été généralement abandonnées. Il est aujourd'hui bien prouvé que les granites de différentes régions ne sont pas tous de la même date, et qu'il est à peu près impossible de démontrer qu'une quelconque de ces roches soit aussi ancienne que les débris organiques du fossile le plus ancien connu. On admet aussi maintenant que le gneiss et les autres strates cristallines sont des dépôts sédimentaires qui ont subi l'action métamorphique, et que presque toutes ces formations, comme on peut le démontrer, sont postérieures à l'Eozoon Canadense, fossile récemment découvert. Il suit de ces manières de voir, qui sont de date comparativement moderne, que ces roches cristallines, parfois d'un volume énorme, loin d'indiquer une augmentation constante d'épaisseur dans l'écorce terrestre depuis les époques les plus reculées, témoignent, pour la plupart, d'une dénudation aqueuse qui s'est exercée sur une vaste échelle ; ou, en d'autres termes, montrent que de la matière solide a été déplacée d'une partie de la circonférence de la terre, en quantité justement égale à celle qui, dans les temps contemporains, s'est accumulée sur quelque autre partie sous forme de strates récentes. De plus, les anciens théoriciens tenaient pour admis, sans preuves géologiques suffisantes, que l'énergie de la force volcanique avait été beaucoup plus intense aux époques reculées de l'histoire de la terre qu'elle ne l'a été plus tard ; ils n'avaient aucune

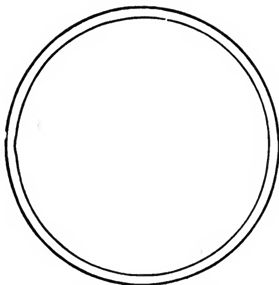
idée exacte du long intervalle de temps qu'avait pris l'élaboration de chacun des groupes primaire, secondaire et tertiaire des roches fossilifères, ainsi que de la manière graduelle dont les produits volcaniques contemporains s'étaient développés durant chacune de ces périodes.

L'absence générale de formations ignées que l'on observe dans des couches d'un même âge, prouve évidemment qu'à toutes les époques, à celle de la période Crétacée, par exemple, les éruptions volcaniques ont été confinées dans des espaces limités. Dans tous les cas, il est facile de démontrer que le pouvoir volcanique n'était nullement assoupi, mais qu'il se développait d'une manière tout à fait locale. Il existe dans l'Amérique du Nord et en Russie de vastes régions où l'on rencontre des strates très-anciennes, appartenant, par exemple, au Silurien et au Carbonifère, qui sont horizontales, intactes et complétement dépourvues de produits ignés contemporains; elles montrent par ces caractères que les étendues qu'elles occupent ont été non-seulement exemptes des phénomènes volcaniques aux temps paléozoïques, mais qu'elles n'ont jamais été le théâtre d'une pareille action à toutes les époques suivantes. D'un autre côté, on trouve souvent que des régions autrefois sujettes à de fréquentes pluies de cendres volcaniques, et à l'intrusion de matière ignée dans des fissures, se trouvent aujourd'hui complétement libres de toute perturbation volcanique. On voit donc que le déplacement continuel, d'un point de l'écorce terrestre à un autre, des principaux foyers d'où se développent les tremblements de terre et les volcans, se trouve établi en loi générale par les preuves géologiques de la plus grande évidence. Nous avons également remarqué (chapitre XXIII) que les opérations volcaniques sont actuellement en voie de s'accomplir sur la plus vaste échelle, et que des courants de lave de date moderne, pris isolément, se montrent aussi volumineux qu'aucun de ceux qui aient jamais coulé aux époques les plus reculées de l'histoire géologique.

De tous ces faits il suit donc que la fluidité originelle de l'intérieur de la terre, et la consolidation graduelle de son écorce, résultat consécutif de la perte qu'éprouve la chaleur interne par suite de son rayonnement dans l'espace, constituent une de ces nombreuses hypothèses scientifiques qui s'appuyaient d'abord sur des bases qui depuis se sont écroulées les unes après les autres. Il se peut que l'astronome ait d'excellentes raisons pour attribuer la forme de la terre à la fluidité originelle de la masse, en des temps bien antérieurs à la première introduction d'êtres vivants sur la planète ; mais le géologue doit se contenter de considérer les monuments les plus anciens qu'il a la tâche d'interpréter, comme appartenant à une période où la croûte terrestre avait déjà acquis une solidité et une épaisseur probablement aussi grandes que celles qu'elle possède aujourd'hui, et où les roches volcaniques, ne différant pas essentiellement de celles qui se produisent de nos jours, étaient formées de temps à autre, — l'intensité de la chaleur volcanique n'étant alors ni plus forte ni moindre qu'elle n'est actuellement. On ne saurait douter qu'à des époques successives, cette chaleur n'ait donné lieu à un grand nombre de changements considérables dans la forme et dans la structure de la croûte terrestre ; mais ces changements n'ont pas eu une importance telle, qu'il soit nécessaire pour les expliquer d'avoir recours à la fusion ignée de la planète entière. Si le lecteur veut bien se reporter au dessin de la *fig.* 128, p. 272, il se convaincra facilement qu'on n'imagina jamais une disposition plus complétement disproportionnée aux effets qu'il s'agit d'expliquer. La ligne circulaire extérieure du dessin représente une portion du diamètre de la terre égale à 40 kilomètres, de sorte que si l'on voulait exprimer par des points blancs sur cette ligne une des chaînes de montagnes les plus élevées, celles même de l'Himalaya, dont la hauteur maximum est de 8 kilomètres, on aurait des marques qui seraient à peine visibles.

L'espace compris entre les deux cercles, en y ajoutant l'épaisseur des lignes elles-mêmes, a une largeur de 322 kilo-

Fig. 128.



Section de la terre dans laquelle la largeur de la ligne extérieure représente une épaisseur de 40 kilomètres : l'espace compris entre les deux cercles indique, en y ajoutant l'épaisseur des lignes, une largeur de 322 kilomètres.

mètres. Or, supposé que l'on trace çà et là, dans le sein de cette croûte de 322 kilomètres d'épaisseur, des lignes très-fines de 5 centimètres de long, et qui s'étendent sur 1/5 seulement de l'espace limité par la ligne extérieure ; ces lignes, faibles et insignifiantes en apparence, suffiraient pourtant à représenter des sections de mers ou océans de lave fondue de 8 kilomètres de profondeur, et de 8,000 kilomètres de longueur. Il faut bien reconnaître, dans tous les cas, que l'expansion, la fusion, le refroidissement et la contraction de pareilles mers souterraines de lave, situées à différentes profondeurs, auraient suffi pour occasionner, à la surface, de grands

mouvements ou tremblements de terre, et même dans l'écorce du globe d'énormes fissures de plusieurs milliers de kilomètres de long, que pourraient expliquer les cônes disposés en ligne des Andes, ou les chaines de montagnes analogues à celle des Alpes.

Hypothèse relative à une déperdition séculaire de chaleur dans le système solaire. — Quelques physiciens se plaisent à soutenir que, comme la terre, le soleil lui-même va sans cesse perdant de sa chaleur, et qu'en l'absence d'une source connue où cet astre puisse réparer ses pertes, on peut, d'une part, prévoir l'époque où la vie aura complétement cessé d'exister sur notre planète, et de l'autre, remonter à la période où la chaleur était assez intense pour être incompatible avec l'existence de tous les êtres organisés qui nous sont connus, soit dans le monde vivant, soit dans le monde fossile.

Quand on considère les découvertes récemment faites sur la conversion d'un genre de force en un autre, et les rapports intimes qui existent entre la chaleur, le magnétisme, l'électricité et l'affinité chimique, il est bien permis d'hésiter avant que d'accepter cette théorie d'une diminution constante qu'éprouverait, de siècle en siècle, une source considérable de puissance vitale et dynamique. J'examinerai dans le chapitre suivant les relations du magnétisme solaire avec le magnétisme terrestre, et dirai jusqu'à quel point l'électricité peut être regardée comme une source de chaleur volcanique. Un géologue, en quête d'un pouvoir se régénérant qui eût été capable de distribuer sans discontinuité et pendant des milliers d'années, tant dans le passé que dans l'avenir, une égale quantité de chaleur dans les parties solides de la terre, tout en changeant perpétuellement les principaux points de son développement, a été comparé par un éminent physicien à un rêveur qui espérerait trouver une source de mouvement perpétuel, et inventer une montre se remontant toute seule. Mais pourquoi désespérerions-nous de découvrir, dans les

œuvres d'un Artisan Divin, les preuves d'un tel pouvoir régénérateur et se suffisant à lui-même ? Sait-on quelle est l'origine de la force qui gouverne la marche des corps célestes ? On a bien comparé cette force à la puissance intellectuelle de la volonté humaine qui suscite et dirige nos actes musculaires ; mais, quant à définir sa nature, tous les efforts des métaphysiciens et des naturalistes sont demeurés impuissants. Dans tous les cas, nous sommes assurément trop peu avancés jusqu'à ce jour dans la connaissance du système de l'univers, pour avoir le droit d'affirmer qu'une grande force mécanique, comme celle de la chaleur, est en voie de décroissance.

CHAPITRE XXXIII.

CAUSES DES TREMBLEMENTS DE TERRE ET DES VOLCANS (*suite*).

Action de la vapeur d'eau dans les éruptions volcaniques. — Geysers d'Islande. — Force expansive des gaz à l'état liquide. — Accès de l'eau de mer, de l'air atmosphérique et de l'eau douce dans les foyers volcaniques. — Comment le développement successif de la chaleur volcanique dans la croûte terrestre fait ressembler celle-ci à un corps qui passerait d'un état général de fusion à celui de refroidissement. — Flexibilité de la croûte terrestre. — L'électricité et le magnétisme considérés comme des sources de chaleur volcanique. — Action chimique. — Causes du soulèvement et de l'abaissement permanents des continents. — Comment se conserve l'équilibre de la terre ferme. — Récapitulation des chapitres XXXII et XXXIII.

Action de la vapeur d'eau dans les éruptions volcaniques. — Nous avons déjà vu que presque tous les volcans actifs se trouvent sur les côtes ou dans les îles. « Sur 225 volcans, » dit Sir John Herschel, « que l'on sait avoir été en éruption dans le cours des cent cinquante dernières années, on n'en cite qu'un seul, le mont Demawend, en Perse, qui soit à 512 kilomètres de la mer, et encore est-il situé sur les bords de la Caspienne, qui est la plus considérable de toutes les mers intérieures. » Le Jorullo, au Mexique, qui fit éruption en 1759, n'est pas à moins de 192 kilomètres de l'océan le plus voisin; mais, ainsi que le fait observer Daubeny, il fait partie d'une suite de volcans dont l'extrémité touche presque à la mer (Voy. vol. I, p. 762 et chap. XXVII, vol. II, p. 68). Le volcan situé dans la Tartarie Centrale et qui, dit-on, se montra en activité au septième siècle, se trouve à 260 milles géographiques de l'océan, mais non loin d'un grand lac (vol. I, p. 771).

M. Dana, dans ses précieuses et originales observations sur les volcans des îles Sandwich, nous rappelle le volume prodigieux d'eau atmosphérique qui doit être absorbé dans l'in-

térieur de ces dômes vastes et élevés, à cause de leur composition qui consiste entièrement en lave poreuse. Il rapporte à cette source unique la production de la vapeur d'eau, qui a pour effet de pousser la matière en fusion de bas en haut, même jusqu'au sommet de cônes de 4,800 mètres de hauteur (1).

Geysers d'Islande. — Nous avons déjà dit dans notre chapitre sur les sources (vol. I, p. 510) jusqu'à quel point l'eau de pluie filtre à travers les roches poreuses jusqu'à de grandes profondeurs, dans presque toutes les régions du globe, même dans celles qui sont éloignées de la mer ; et comme on ne peut douter que la vapeur d'eau ordinaire ne joue, en général, un rôle très-important dans les éruptions volcaniques, nous n'irons pas plus loin dans notre étude, sans considérer avec attention un des cas où cette vapeur est l'unique force motrice ; — c'est celui des Geysers d'Islande. Ces sources chaudes intermittentes se rencontrent dans un district de la partie sud-ouest de l'Islande, où l'on en a reconnu près d'une centaine, dans un cercle de 3,200 mètres d'étendue. L'origine atmosphérique de ces eaux, qui proviennent des pluies ou des neiges fondues, est prouvée, dit le professeur Bunsen, par l'azote qui s'en dégage, soit pur, soit mêlé avec d'autres gaz. Les sources jaillissent à travers un épais courant de lave, qui doit probablement avoir coulé du mont Hécla, dont on aperçoit le sommet depuis les Geysers, c'est-à-dire d'une distance de plus de 48 kilomètres. Dans ce district, on entend quelquefois le bruit du mouvement de l'eau dans des gouffres situés au-dessous de la surface ; car ici, comme sur l'Etna, des rivières coulent dans des canaux souterrains à travers des laves caverneuses et poreuses. Plus d'une fois il est arrivé, après des tremblements de terre, que des sources chaudes en ébullition ont augmenté ou diminué de volume et d'im-

(1) *Geology of American Exploring Expedition*, p. 369

Vue de la baie de Baies, près Naples (p. 227).



pétuosité, qu'elles ont entièrement cessé de couler, ou que d'autres ont apparu, — circonstances qui peuvent s'expliquer par l'ouverture de nouvelles crevasses ou par l'oblitération d'anciennes fissures.

Il est peu de Geysers dont l'éruption ait une durée de plus de cinq ou six minutes; elle est pourtant quelquefois d'une demi-heure, et les intervalles qui s'écoulent entre chacune d'elles sont ordinairement très-irréguliers. Le grand Geyser jaillit d'un vaste bassin situé au sommet d'un monticule circulaire formé d'incrustations siliceuses que dépose l'écume de ses eaux. Ce bassin a 17^m de diamètre dans un sens, et 12^{m}50 dans l'autre (Voy. *fig.* 129).

Au centre se trouve un conduit dont la profondeur, mesurée perpendiculairement, est de 23^{m}40; il a de 2^{m}40 à 3 mètres

Fig. 129.



Vue du cratère du grand Geyser en Islande.

de diamètre, mais il s'élargit graduellement à mesure qu'il s'élève dans le bassin. L'intérieur de ce bassin est blanchâtre, et tapissé d'une croûte siliceuse parfaitement unie. Il en est de même de deux petits canaux qui se trouvent sur les côtés du monticule, au bas duquel l'eau s'échappe quand le bassin est rempli jusqu'au bord. Le bassin circulaire est quelquefois

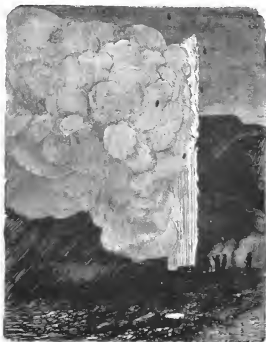
vide, comme on le voit dans l'esquisse fig. 129; mais ordinairement il est rempli d'une eau admirablement limpide en ébullition. Pendant l'ascension de l'eau bouillante dans le conduit, et surtout quand l'ébullition est très-forte et que l'eau s'élance en jets, un bruit souterrain, analogue à celui d'une décharge lointaine d'artillerie, se fait entendre, et la terre est légèrement ébranlée. Le bruit augmente ensuite, et la commotion devient de plus en plus violente, jusqu'à ce qu'enfin une colonne d'eau jaillisse, avec de fortes explosions, à la hauteur de 30 ou 60 mètres. Quand ce jaillissement de l'eau a duré quelque temps, comme dans une fontaine artificielle, et que de grands nuages de vapeur se sont dégagés, le conduit se trouve vide; et une colonne de vapeur d'eau, s'élançant avec une force extraordinaire et avec un bruit semblable à celui du tonnerre, termine l'éruption.

Si l'on jette des pierres dans le cratère, elles sont rejetées à l'instant; et telle est la puissance de la force explosive, que des roches, même très-dures, sont parfois réduites par elle en petits fragments. Henderson a reconnu qu'en jetant une grande quantité de grosses pierres dans le conduit de l'un des Geysers appelé le Stroekr, on pouvait en quelques minutes donner lieu à une éruption (1). Les fragments de pierre, ainsi que l'eau bouillante, étaient, dans ce cas, lancés à une hauteur beaucoup plus grande qu'à l'ordinaire. Quand l'eau avait cessé de jaillir, une colonne de vapeur d'eau continuait à s'élancer du Geyser avec un bruit assourdissant; mais celui-ci, comme s'il était épuisé par ces efforts, ne recommençait pas une nouvelle éruption après son intervalle ordinaire de repos. Le récit fait par Sir George Mackenzie de l'éruption d'un Geyser qu'il vit en éruption, en 1810 (voy. *fig.* 130), concorde parfaitement avec la description d'Henderson que nous venons de donner. L'eau et la vapeur d'eau s'élevèrent

(1) *Journal of a Residence in Island*, p. 74.

pendant une demi-heure jusqu'à la hauteur de 21 mètres, et la colonne blanche qu'elles produisaient se maintint verticale

Fig. 130.



Eruption du Nouveau Geyser en 1810. (Mackenzie).

malgré le vent violent qui soufflait contre elle. Des pierres jetées dans le conduit furent rejetées à une hauteur plus grande que l'eau, et l'on vit tomber une forte pluie du côté où le vent tendait à chasser la vapeur (1).

Parmi les diverses théories proposées pour expliquer ces phénomènes, je citerai d'abord celle de Sir J. Herschel. On peut, dit-il, produire en petit une imitation de ces jets, en chauffant à la température de la chaleur rouge le tuyau d'une

(1) *Mackenzie's Iceland*

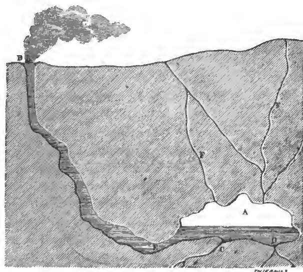
pipe à tabac, et en remplissant d'eau le fourneau de cette pipe, que l'on incline de manière que le liquide puisse traverser le tuyau. Au lieu de former un courant continu en sortant ainsi de la pipe, l'eau s'échappe par une suite d'explosions violentes, accompagnées d'un dégagement de vapeur, seule d'abord, puis d'eau mélangée de vapeur, et enfin presque uniquement d'eau, quand la pipe se refroidit. A chaque explosion, une portion de l'eau et de la vapeur est renvoyée dans le fourneau. Quant aux intervalles qui s'écoulent entre les explosions, ils dépendent du degré de chaleur, de la longueur et de l'inclinaison de la pipe; de même que la durée des explosions dépend de son épaisseur et de sa conductibilité (1). L'application de cette expérience aux Geysers exige simplement qu'un courant souterrain, coulant à travers les pores et les crevasses de la lave, atteigne subitement une fissure dans laquelle la roche environnante soit à la température de la chaleur rouge, ou à peu près. Dans ce cas, il y aurait immédiatement formation de vapeur, et cette vapeur, en s'élançant dans la fissure, entrainerait avec elle de l'eau jusqu'à la surface ; en même temps, une partie de la vapeur repousserait l'eau d'alimentation assez loin vers sa source; puis, après quelques minutes, la vapeur se trouvant entièrement condensée, l'eau reviendrait et donnerait lieu à une répétition du phénomène.

Il y a, toutefois, une autre manière d'expliquer l'action du Geyser, qui, peut-être, offre plus de probabilité que la précédente. Supposons que l'eau venant de la surface de la terre pénètre dans la cavité souterraine A D (*fig.* 131) par les fissures F F, en même temps qu'une certaine quantité de vapeur d'eau, à une température aussi élevée que celle qui se dégage ordinairement des fentes qu'on observe dans les courants de lave pendant leur refroidissement, s'échappe des fis-

(1) Mémoire lu à la Société géologique de Londres le 23 février 1833.

sures C. Une portion de cette vapeur se liquéfie d'abord, tandis que la température de l'eau s'élève par suite de la chaleur latente ainsi développée, jusqu'à ce qu'enfin la partie inférieure

Fig. 131.



Réservoir et conduit supposés d'un Geyser en Islande (1).

de la cavité soit remplie d'eau bouillante, et la partie supérieure de vapeur sous une haute pression. La force expansive de la vapeur finit par devenir si considérable, que l'eau est forcée de s'élever dans la fissure ou conduit E B, et qu'elle s'échappe par-dessus les bords du bassin. Quand la pression se trouve ainsi diminuée, la vapeur qui occupe la partie supérieure de la cavité A se dilate, jusqu'à ce que toute l'eau D soit chassée dans le conduit ; et alors, plus légère que celle-ci, la vapeur la traverse avec une grande vitesse. Si le tuyau vient à être bouché artificiellement, ne fût-ce même que pendant quelques

(1) Tiré de l'ouvrage de sir George Mackenzie sur l'Islande.

minutes, la chaleur augmente d'une manière considérable; car, elle ne peut s'échapper sous forme latente en vapeur, et l'eau bouillant alors avec une force bien plus grande, il en résulte une éruption.

Le professeur Bunsen, déjà cité, adopte cette théorie pour expliquer le jeu du Petit Geyser, mais elle ne saurait, dit-il, expliquer les phénomènes du Grand Geyser. Il considère celui-ci, ainsi que tous les autres, comme une source thermale ayant à la partie supérieure de son cours un tube étroit en forme d'entonnoir, dont les parois se sont recouvertes d'incrustations siliceuses. A l'embouchure de ce tube, l'eau jouit d'une température correspondant à la pression de l'atmosphère, c'est-à-dire d'environ 100° centigrades, mais à une certaine profondeur elle est beaucoup plus chaude. Le Professeur obtint ce résultat par l'expérience : il tint, suspendu dans le conduit, un thermomètre qui marqua 130° centigrades, ou rien moins que 30° au-dessus du point d'ébullition ; mais lorsque la colonne d'eau eut été expulsée, ce qui resta dans le bassin et dans le tube donna une température beaucoup plus basse.

Avant ces expériences de Bunsen et de Descloizeaux, faites en Islande dans l'année 1846, il était presque impossible de supposer que la partie inférieure d'une colonne d'eau libre et ouverte pût atteindre une température aussi élevée, sans qu'il se produisît une circulation de courants ascendants et descendants, suivie d'une égalisation presque immédiate de la chaleur dans toute la masse. Il n'y a pas de doute qu'une pareille circulation se trouve grandement empêchée par les parois du puits qui ne sont pas verticales, ainsi que par les rétrécissements nombreux de son diamètre, mais le phénomène peut être surtout attribué à une autre cause. D'après les expériences de M. Donny, de Gand, sur la cohésion des liquides, il paraît que l'eau, quand elle est complètement privée d'air, peut atteindre, même sous la pression atmosphérique ordinaire, une température de 135° centigrades, tant augmente la cohé-

sion de ses molécules, lorsqu'elles ne sont pas séparées par des particules d'air (1). Or, puisque l'eau devient d'autant plus privée de son air qu'elle a été plus longtemps soumise à l'ébullition, il est très-probable que celle du fond des Geysers est pure de tout mélange analogue.

Entre autres résultats de leurs expériences, Bunsen et Descloizeaux se convainquirent que la colonne de liquide remplissant le conduit reçoit constamment des apports d'eau chaude dans sa partie inférieure, tandis qu'elle se refroidit à sa partie supérieure par suite de l'évaporation qui s'effectue sur la surface plus large du bassin. Ils en vinrent aussi à une conclusion d'autant plus intéressante qu'elle porte sur le mécanisme probable des éruptions volcaniques ordinaires, à savoir: que le conduit lui-même est le siége principal, ou foyer de la force mécanique. Pour en avoir la preuve, ils laissèrent des pierres suspendues à diverses profondeurs du conduit; celles qui avaient été plongées à une distance considérable de la surface ne furent pas rejetées lors de l'éruption du Geyser qui suivit leur placement, tandis que celles qui se trouvaient plus près de l'embouchure du tube furent alors projetées à une hauteur de 30 mètres. D'autres expériences furent également faites, qui tendirent à démontrer le fait singulier, qu'il n'existe souvent au fond qu'un mouvement presque nul, tandis qu'il y a au-dessus un jet violent d'eau et de vapeur. Il paraît que lorsqu'une haute colonne d'eau jouit d'une température croissant avec la profondeur, il suffit de la moindre ébullition qui vienne rompre l'équilibre à sa partie supérieure, pour que l'eau monte dans le bassin, et coule par-dessus ses bords. Une portion inférieure de la colonne, se trouvant ainsi soulagée d'une partie de sa pression, se dilate et se convertit plus rapidement en vapeur que la première, à cause de sa température plus élevée; ce qui permet à la couche immédiate-

(1) Voy. Mr. Horner's Anniversary Address. Quart. Journ. Geol. Soc., 1847, p. lii

ment au-dessous, et qui est beaucoup plus chaude, de s'élever et de prendre à son tour la forme gazeuse :— série d'évolutions qui se continue jusqu'à ce que l'ébullition se soit communiquée du milieu de l'entonnoir jusqu'aux environs de son extrémité inférieure (1).

En appliquant ces considérations au mécanisme d'une éruption volcanique ordinaire, on peut donc supposer qu'il existe, à une profondeur de plusieurs kilomètres au-dessous de la surface de la terre, de vastes cavités souterraines dans lesquelles s'accumule de la lave fondue, et que lorsque de l'eau, mêlée à de l'air dans les proportions ordinaires, vient à pénétrer dans ces cavités, il s'y produit de la vapeur qui exerce une certaine pression sur la lave et la force à monter dans le conduit d'un volcan, de la même manière qu'une colonne d'eau est poussée de bas en haut dans le tube d'un Geyser. Dans d'autres cas, on peut supposer une colonne continue de lave liquide, mêlée avec de l'eau à la température de la *chaleur rouge* ou de la *chaleur blanche* (car l'eau, suivant le professeur Bunsen, peut se trouver en cet état, lorsqu'elle est soumise à une certaine pression), et qui serait douée d'une température croissant de haut en bas d'une façon régulière. Que l'équilibre vienne à être rompu dans la masse, il se produit près de la surface, par suite de l'expansion et de la conversion en gaz de l'eau emprisonnée dans le sein des diverses substances qui constituent la lave, une éruption, dont le résultat sera de diminuer la pression supportée par la colonne liquide. Une plus grande quantité de vapeur d'eau venant alors à se dégager, elle entraîne avec elle des jets de roche fondue qui, lancés dans l'air, retomberont en pluies de scories ou de cendres sur la contrée environnante. Enfin, l'arrivée de la lave et de l'eau, de plus en plus échauffées, à l'orifice du conduit ou du cratère du volcan, peut donner à la force d'expansion une

(1) *Liebig's Annalen der Chimie and Pharmacie*, passage traduit dans les *Mémoires de Cavendish Soc.* London, 1848, p. 531.

puissance suffisante pour expulser un courant de lave massive. L'éruption terminée, survient une période de repos, pendant laquelle de nouvelles provisions de calorique montent du foyer intérieur et fondent peu à peu des masses nouvelles de roche, en même temps que l'eau de mer ou celle de l'atmosphère descend de la surface dans les cavités inférieures; jusqu'à ce qu'enfin, toutes les conditions requises pour une nouvelle explosion se trouvant parfaites, une autre série de phénomènes se reproduise dans un ordre tout à fait semblable.

Force expansive des gaz à l'état liquide. — Bien que la vapeur d'eau forme une partie principale des fluides aériformes qui s'élancent continuellement, pendant des jours, des mois et même des années, des évents volcaniques, on constate aussi dans ces émissions la présence d'autres gaz, quelquefois très-abondants, tels que les acides carbonique, sulfureux et hydrochlorique. Les expériences de Faraday et de plusieurs autres chimistes ont démontré que tous ces gaz peuvent être amenés à l'état liquide par l'effet de la pression. A des températures comprises entre —1°11 et + 10° centigrades, la pression nécessaire pour opérer ce résultat varie depuis quinze jusqu'à cinquante atmosphères; ce qui, relativement aux opérations de la Nature, doit être regardé comme une condition très-insignifiante. Une colonne de lave du Vésuve qui s'étendrait depuis le bord du cratère jusqu'au niveau de la mer, équivaudrait à trois cents atmosphères environ; de sorte qu'à des profondeurs qu'on peut dire peu considérables dans l'intérieur de la croûte terrestre, les gaz peuvent être condensés en liquides, même à des températures très-élevées. La méthode employée pour réduire quelques-uns de ces gaz à l'état liquide consiste à renfermer les substances qui les engendrent par suite de leur action mutuelle dans des tubes hermétiquement fermés, de manière que la pression de la vapeur, qui s'accroît à mesure que celle-ci s'élève dans le tube et tend à s'y dilater, puisse forcer une partie de cette même

vapeur à passer à l'état liquide. Une semblable opération peut et doit assurément se produire souvent dans des cavernes et dans des fissures souterraines, ou même dans les pores et dans les cellules d'un grand nombre de roches ; et il s'ensuit qu'une quantité de force expansive bien plus considérable que celle qui se manifesterait si ces vapeurs n'avaient pas la propriété de devenir liquides, peut être *emmagasinée* dans un petit espace. Car, quoique les gaz occupent bien moins de place à l'état liquide qu'à l'état aériforme, ils exercent pourtant, dans l'un et dans l'autre cas, exactement la même pression sur les parois de la cavité dans laquelle ils se trouvent contenus.

Si l'on élève légèrement la température d'un tube, soit de verre ou de toute autre matière, rempli de gaz condensé, il peut arriver souvent qu'il éclate ; car le moindre accroissement de chaleur augmente l'élasticité du gaz dans une très-grande proportion. Si l'on vient à percer un petit trou dans ce tube, le gaz à l'état liquide passera instantanément à l'état aériforme, ou, pour parler le langage de certains auteurs, éclatera en vapeur, ce qui entraînera souvent la rupture du vase. Supposons seulement que la température de certaines roches imprégnées de ces gaz liquides, comme le sont quelquefois d'eau certaines strates poreuses, soit élevée de quelques centaines de degrés, et nous aurons une force capable de soulever des masses sus-jacentes de quelque épaisseur que ce puisse être ; tandis que si le gaz se trouve comprimé à une profondeur considérable, les habitants de la partie correspondante de la surface ne ressentiront probablement que des mouvements vibratoires, et ne verront que des crevasses d'où il ne s'échappera point de vapeurs, car celles-ci, en traversant des roches fissurées ou des strates peu résistantes, pourront être refroidies et absorbées par l'eau. On sait, en effet, que l'eau a une très-grande affinité pour plusieurs de ces gaz, et qu'elle en absorbe de très-grandes quantités sans que pour cela son volume augmente d'une manière

notable. Il est donc possible que la température ou le volume des sources s'accroisse, et que leurs propriétés minérales subissent des modifications, sans qu'il se manifeste dans la région aucune explosion volcanique. Quant à savoir si un changement permanent de niveau peut accompagner, ou suivre la production ou l'échauffement de pareils gaz dans l'intérieur de la croûte terrestre, c'est une question qui sera examinée dans la suite de cet ouvrage.

On sait que le volcan de Cotopaxi a lancé, à une distance de 13 ou 14 kilomètres, une masse de roche d'environ 100 mètres cubes de volume, et il n'est nullement difficile de comprendre comment les substances les plus solides qui s'opposent au passage ascensionnel des gaz explosibles, peuvent être réduites en petits fragments ou même en poussières, comme on voit les volcans en projeter dans l'atmosphère jusqu'à la hauteur de plusieurs kilomètres.

Accès de l'eau salée dans les foyers volcaniques. — Quoique la théorie qui représente l'eau comme jouant un rôle principal dans les opérations volcaniques n'implique pas, comme condition nécessaire, que les ouvertures volcaniques soient situées près de l'océan, il n'en est pas moins naturel de supposer des explosions superficielles de vapeur d'eau et de lave dans des régions recouvertes d'une masse d'eau salée, ou dans toute autre région, plutôt que dans l'intérieur d'un continent où l'eau de pluie tombe en quantité minimum. Les expériences et les observations de plusieurs éminents chimistes ont successivement réduit à néant toutes les objections que l'on avait d'abord opposées à la doctrine suivant laquelle l'eau salée de la mer joue un rôle important dans la plupart des éruptions volcaniques. De son côté, Sir H. Davy a observé que les vapeurs qui s'échappent des laves du Vésuve déposent du sel commun (1).

(1) Davy, *Phil. Trans.*, 1828, p. 244

M. Gay-Lussac, tout en exprimant l'opinion que la décomposition de l'eau contribue pour beaucoup à l'action volcanique, appelle néanmoins l'attention sur ce fait supposé, que l'hydrogène n'a point été trouvé à l'état libre parmi les produits gazeux des volcans, car, dit-il, s'il y était présent, il s'enflammerait à l'air, par suite de son contact avec les matières incandescentes qui sont rejetées pendant les éruptions (1).

Mais, d'autre part, M. Abich assure que « bien que la vapeur éclairée par de la lave incandescente ait souvent été prise pour de la flamme, » il aperçut distinctement la flamme de l'hydrogène dans l'éruption du Vésuve de 1834 (2).

M. Gay-Lussac, dans le mémoire dont nous parlions tout à l'heure, exprime du doute sur la présence de l'acide sulfureux; mais le dégagement abondant de ce gaz pendant les éruptions est un fait aujourd'hui établi; aussi toute difficulté à l'égard de l'absence générale de l'hydrogène à l'état inflammable se trouve-t-elle éloignée; car, ainsi que le fait remarquer le docteur Daubeny, l'hydrogène de l'eau décomposée peut s'unir avec le soufre pour fournir du gaz hydrogène sulfuré, qui se mélange ensuite avec l'acide sulfureux, à mesure qu'il s'élève dans le cratère. L'expérience a prouvé que ces gaz se décomposent mutuellement quand ils sont mis en présence de la vapeur d'eau; une partie de l'hydrogène de l'un s'unissant immédiatement avec l'oxygène de l'autre pour former de l'eau, tandis que l'acide sulfureux en excès se dégage seul dans l'atmosphère, et que le soufre est précipité.

Quoique cette explication soit suffisante pour faire disparaître toute espèce de doute, on peut observer aussi que la flamme de l'hydrogène est rarement visible pendant une éruption, car ce gaz, brûlant à l'état pur, émet une flamme bleue très-faible, qu'il serait difficile de distinguer, pendant la nuit, de la clarté que répandent les scories incandescentes.

(1) *Ann. de chimie et de physique*, t. XXII.
(2) *Phénomènes Géol.*, etc., p. 3.

Sa transformation immédiate en eau, quand il vient à s'enflammer dans l'atmosphère, pourrait aussi servir à expliquer pourquoi il n'est pas visible sous forme distincte.

Les observations faites en Islande par Bunsen, en 1844, celles de Sainte-Claire Deville sur le Vésuve, en 1855 et 1861, et de Fouqué sur Santorin, en 1866, ont prouvé qu'il y a dans les éruptions dégagement abondant d'hydrogène, soit à l'état libre, soit à celui de combinaison avec d'autres substances ; et les deux chimistes cités en dernier lieu ont réussi à démontrer l'accord parfait de la composition chimique des produits des éruptions volcaniques, tant gazeux que solides, avec la doctrine qui admet la présence d'une grande quantité d'eau salée dans les foyers volcaniques. On s'est demandé pourquoi on ne rencontrait pas de sels de magnésie dans les fumeroles des volcans. A cela on a répondu que ces sels ne sont pas facilement décomposables par la vapeur d'eau brûlante, et que lorsque l'eau et la chaleur sont en présence, il se produit de l'acide hydrochlorique et de la magnésie ; que l'acide passe dans les vapeurs qui s'échappent de la lave à la température rouge, et que la magnésie qui n'est pas volatile reste dans la lave elle-même, dont elle constitue un des éléments principaux (1). De même, ces deux chimistes Français ont démontré que la vapeur seule peut dissocier le sel marin en ses éléments, ce que Gay-Lussac avait cru impossible.

M. Fouqué affirme que dans l'éruption récente de l'Etna, dont il a été témoin en 1865, les émanations gazeuses étaient de leur nature identiques à celles qui se seraient produites si des masses énormes d'eau de mer, ayant pénétré dans les réservoirs de lave souterraine, s'y étaient décomposées et en avaient ensuite été expulsées avec la lave. Bien plus, il a calculé que la quantité de vapeur d'eau était parfaitement proportionnelle avec celle des autres gaz, et que les nom-

(1) Fouqué, *Rapport sur les Phénomènes chimiques*, Eruption de l'Etna en 1865 p. 57.

breuses bouches ouvertes à la surface de l'Etna avaient émis journellement non moins de 22,000 mètres cubes de vapeur aqueuse.

Pénétration de l'air atmosphérique et de l'eau douce dans les foyers volcaniques. — La présence de l'azote non-seulement parmi les gaz qui s'échappent des cratères en éruption, mais encore dans les eaux des sources thermales, a été aussi le sujet de recherches et de discussions nombreuses.

Sir H. Davy, dans son mémoire sur les *Phénomènes des volcans*, fait remarquer qu'il y a tout lieu de supposer qu'il existe dans le Vésuve un courant d'air descendant, et il pense que les cavités souterraines qui émettent des quantités considérables de vapeur d'eau pendant l'éruption, pourraient bien ensuite, lorsque le volcan est en repos, se remplir d'air atmosphérique (1). La présence des sels ammoniacaux dans les émanations volcaniques, et celle de l'ammoniaque (qui est en partie composée d'azote) dans la lave, favorisent singulièrement l'hypothèse de la désoxydation de l'air et de l'eau dans l'intérieur de la terre (2).

M. Daubeny pense que l'eau, qui renferme de l'air atmosphérique, peut descendre de la surface de la terre jusqu'au foyer volcanique, et que le même mode de combustion qui donne lieu à la décomposition de l'eau peut priver cet air souterrain de son oxygène. C'est ainsi qu'il explique les grandes quantités d'azote qu'émettent les ouvertures volcaniques et les eaux thermales.

Nous avons déjà fait allusion (vol. I, p. 838) à la présence d'un grand nombre de cellules siliceuses d'infusoires dans le tuf recouvrant Pompéi, qui se compose de matière éjectée du Vésuve et d'autres volcans. Elle prouve que l'eau et le limon ont pénétré de la surface dans les fissures et cavernes

(1) *Phil. Trans.*, 1828

(2) Voy. Daubeny, *Encyc. Metrop. Part.*, 40.

intérieures, et que ces substances ont été ensuite rejetées pendant les éruptions volcaniques.

La croûte terrestre considérée comme un corps qui passe de l'état de fusion à celui de refroidissement. — Ce que nous venons de dire sur la manière dont la vapeur aqueuse et plusieurs autres gaz peuvent opérer mécaniquement et chimiquement sur l'écorce de la terre, partout où de l'eau et divers acides, emmagasinés dans des cavernes et dans des fissures très-profondes, éprouvent une élévation de température, doit convaincre le lecteur qu'il suffit, pour expliquer l'action des volcans, de découvrir quelque cause capable de produire une concentration de chaleur assez intense pour fondre, les unes après les autres, certaines portions de la croûte solide, qui formeront alors des mers, des lacs ou des océans de lave souterraine. Cela admis, il résulte qu'en tout temps la majeure partie de l'écorce terrestre renfermera, à diverses profondeurs, des nappes de lave perdant lentement leur chaleur, les unes demi-fluides, d'autres plus ou moins visqueuses, et d'autres enfin dans un premier état de solidification ou de cristallisation. On voit donc que la condition générale de l'extérieur de la planète serait analogue à celle d'une masse qui, une fois fortement échauffée, serait en voie de se refroidir peu à peu ; mais, en certains points, c'est-à-dire dans les régions des volcans actifs, — régions très-limitées et exceptionnelles, par rapport à la surface totale du globe, — la chaleur, loin de diminuer, ira en croissant, et manifestera parfois son intensité en donnant lieu, soit à des éruptions de volcans, soit à des secousses de tremblement de terre.

On ne saurait douter, d'après ce que nous avons déjà dit (pp. 118 et 259), qu'au-dessous des Andes et de plusieurs autres vastes étendues occupées par des volcans actifs, il n'existe, à la profondeur de quelques kilomètres, des réservoirs de lave à l'état de fusion permanente. Tous les phénomènes observés, sur lesquels a été fondée l'existence de la fluidité

centrale, sont compatibles avec la présence, suivant nous probable, à certaines profondeurs de la croûte terrestre, de ces masses de lave qui, auraient-elles un volume égal à celui des océans Atlantique et Pacifique, n'occuperaient qu'une place très-peu importante dans l'enveloppe solide de la planète. Il est donc facile de concevoir que les tremblements de terre aient certains rapports avec une croûte flexible qui recouvre de pareils réservoirs de roche fondue.

Flexibilité de la croûte terrestre. — Les habitants de Stromboli, qui, pour la plupart, sont pêcheurs, considèrent le volcan de leur île comme un baromètre, les éruptions étant beaucoup plus faibles lorsque le ciel est serein que lorsqu'il est orageux ; ce qui fait qu'en hiver l'île semble souvent ébranlée jusque dans ses fondations. Dès l'année 1825, M. P. Scrope, après avoir appelé l'attention sur ces faits et sur plusieurs autres analogues, a le premier exprimé l'opinion que la diminution de pression de l'atmosphère, — circonstance qui, d'ordinaire, accompagne un temps orageux, — peut modifier l'intensité de l'action volcanique. Il pense que lorsque la lave liquide communique avec la surface, comme dans le cratère de Stromboli, elle peut s'élever ou s'abaisser dans l'orifice volcanique de la même manière que le mercure dans un baromètre; parce que l'ébullition ou le pouvoir expansif de la vapeur d'eau contenue dans la lave décroît à chaque augmentation de pression, et s'accroît, au contraire, toutes les fois que la pression diminue. De même, si une couche de lave liquide se trouve comprimée à une profondeur considérable au-dessous de la surface, sa force expansive peut être contrariée, en partie par le poids des roches supérieures, et en partie par la pression atmosphérique qui agit à la fois sur une vaste étendue superficielle. Dans ce cas, si la force soulevante augmente graduellement d'énergie, le moindre excédant dans la force antagoniste ou répressive suffira, à la longue, pour la maîtriser ; et l'équilibre alors pourra être détruit su-

bitement par une cause quelconque, telle qu'un courant d'air ascendant qui occasionnerait une dépression dans le baromètre. On peut expliquer ainsi la coïncidence remarquable qu'on observe si souvent entre l'état du ciel et les commotions souterraines, bien que l'on doive admettre que les tremblements de terre et les éruptions volcaniques réagissent à leur tour sur l'atmosphère, d'où il suit que les désordres qui s'y manifestent sont généralement les conséquences plutôt que les avant-coureurs des perturbations volcaniques (1).

D'après un catalogue soigneusement établi des tremblements de terre qui ont eu lieu en Europe et en Syrie pendant les quinze derniers siècles, M. Alexis Perrey conclut que ces événements sont arrivés, en général, plus fréquemment en hiver qu'à toutes les autres saisons de l'année, sauf pourtant dans certaines régions qui ont fait exception à la règle, et notamment dans les Pyrénées. Tout en reconnaissant l'intérêt et la valeur de ces données, M. d'Archiac fait justement remarquer, en les commentant, qu'elles n'offrent pas, dans les différentes régions, un caractère suffisant d'extension ou de concordance pour nous autoriser à en déduire aucune conclusion générale relativement aux lois qui régissent les mouvements souterrains à travers le globe (2).

Dans un rapport plus récent sur le même sujet (1863), M. Perrey a également déduit, comme résultat de 10,000 observations sur les tremblements de terre de la première moitié du siècle actuel, que ces phénomènes se manifestent bien plus fréquemment et avec une plus grande violence, quand la lune est à son périgée, ou le plus près de la terre, qu'aux autres périodes, où ce satellite moins rapproché exerce avec une intensité moindre sa force d'attraction sur la croûte solide de notre planète. De même, il pense avoir découvert une relation entre la fréquence des tremblements de terre et nos

(1) Scrope, *Sur les Volcans*, p. 58-60.
(2) Archiac, *Histoire des Progrès de la Géologie*, 1847, vol. 1, p. 605-610.

solstices d'hiver et d'été, le plus grand nombre des secousses ayant lieu en périhélie quand le soleil est le plus rapproché de la terre, et le plus petit nombre en aphélie quand cet astre est le plus éloigné de nous (1). Sir John Herschel remarque à ce sujet que, « bien que l'action du soleil et de la lune soit impuissante à produire un mouvement de marée dans la croûte solide de la terre, elle tend pourtant à le faire, et produirait ce résultat, si cette croûte était fluide; et qu'en réalité elle fait donc passer alternativement les portions solides de la surface terrestre de l'état d'extension à celui de compression (2). »

Sir John Herschel, cherchant à expliquer pourquoi les chaînes de volcans actifs, comme celle des Andes, se trouvent à proximité de la mer, pense que le fond solide de l'océan et la terre ferme adjacente peuvent être regardés comme flottants sur une masse souterraine à l'état fluide. La terre ferme, observe-t-il, subit incessamment les effets destructeurs de l'action aqueuse, et les portions de matière solide ainsi détachées se précipitent au fond de la mer sous forme de sédiment. C'est ainsi que le lit de l'océan se trouvant chargé du poids dont se débarrasse le continent, un état de tiraillement se produit dans la croûte terrestre, qui finit par craquer en son point le plus faible, la partie la plus lourde s'enfonçant, pendant que la plus légère s'élève. La matière souterraine en fusion s'échappe alors par la fissure ainsi formée, comme l'eau monte au-dessus de la glace quand celle-ci vient à se fendre (3). Cette hypothèse ne me paraît avoir qu'une application fort restreinte, car les volcans actifs, ceux même qui sont situés sur les bords des continents, se rencontrent rarement en des points où de grands deltas se sont formés pendant les temps du Pliocène ou du Post-Pliocène. En outre, le nombre

(1) Alexis Perrey, *Propositions sur les tremblements de terre*, 1863.
(2) Herschel, *Familiar lectures on Scientific Subjects*, 1866, p. 43.
(3) Herschel, *ibid.* p. 12.

des volcans actifs dans les îles océaniques est très-considérable, non-seulement dans le Pacifique, mais aussi dans l'Atlantique ; et l'on ne voit dans ces régions ni accumulation de coraux, ni dépôts sédimentaires provenant de la dénudation des terres voisines, qui aient pu donner lieu au moindre excédant de poids et de pression sur une croûte supposée flexible.

De l'électricité et du magnétisme considérés comme source de chaleur volcanique. — L'idée généralement admise d'un noyau central fluide, sur lequel flotte une mince enveloppe extérieure, a détourné les physiciens et les naturalistes d'inventer quelque théorie pour expliquer le déplacement continuel des points principaux d'où se développe la chaleur, tout en laissant à de grandes portions de la croûte terrestre, originellement à l'état de fusion, le temps de se refroidir et de se solidifier. Bientôt après les premières grandes découvertes d'Œrstedt sur l'électro-magnétisme, Ampère émit l'opinion que tous les phénomènes de l'aiguille magnétique pouvaient s'expliquer en supposant que des courants d'électricité circulent constamment dans l'écorce du globe suivant des directions parallèles à l'équateur magnétique. Cette théorie a acquis de plus en plus de consistance, à mesure que la science a fait de nouveaux progrès, et les expériences de M. Fox sur les propriétés électro-magnétiques des veines métallifères, semblent avoir fait apercevoir des traces de courants électriques dans l'intérieur de la terre (1).

Plusieurs physiciens attribuent ces courants à l'action chimique qui s'exerce dans les parties superficielles du globe, sur lesquelles l'air et l'eau ont immédiatement accès ; tandis que d'autres les rapportent, en partie du moins, à la thermo-électricité excitée par la chaleur des rayons solaires à la surface de la terre pendant sa rotation ; les diverses parties de l'atmosphère, des continents et des mers étant successivement

(1) *Phil. Trans.*, 1830, p. 399.

exposées à l'influence du soleil, puis refroidies pendant la nuit. Ce qui prouve que cette idée n'est point une simple conjecture, c'est, d'une part, la correspondance des variations diurnes de l'aiguille aimantée avec le mouvement apparent du soleil; et de l'autre, la somme de variations qui est plus grande en été qu'en hiver, et pendant le jour que pendant la nuit.

Nous avons fait allusion dans le premier volume (p. 398) à la découverte récente d'une relation entre les changements périodiques que l'on observe dans les taches du soleil, et les variations qu'éprouve le magnétisme terrestre, en émettant l'idée que le magnétisme solaire a une influence très-considérable sur la croûte du globe. Suivant Sir John Herschel, le cycle des changements, comprenant les périodes où les taches sont très-nombreuses et très-grandes, et les périodes où ces taches sont moins apparentes, met à s'accomplir un intervalle de onze ans, plutôt plus que moins, de sorte qu'il s'écoule neuf de ces cycles dans un siècle. Ce fut le 1er septembre 1859, époque à laquelle les taches avaient de très-grandes dimensions, « que deux observateurs, étrangers l'un à l'autre, et séparément occupés à examiner le phénomène à l'aide de puissants télescopes, aperçurent soudain, et tous les deux, au même moment, comme un nuage lumineux, d'un éclat éblouissant et bien supérieur à celui de la surface générale du soleil, sortir du voisinage immédiat de l'une des taches, la recouvrir et passer outre. L'apparition mit environ cinq minutes à effectuer son passage, et pendant ce temps elle parcourut devant la surface du soleil un espace qui ne saurait être évalué à moins de 56,300 kilomètres. Au même instant, un orage magnétique se manifestait, et de nombreuses indications montrèrent que du 28 août au 4 septembre le globe entier avait été dans un complet état de convulsion par l'effet de l'électromagnétisme. »

A Kew, où sont installés des instruments magnétiques en-

registreurs qui donnent, à l'aide d'un tracé photographique, les positions de trois aiguilles aimantées, on a observé que ces trois aiguilles s'étaient fortement écartées de leurs premières positions, au moment même où l'on avait vu la lumière brillante passer sur la tache solaire. Il paraîtrait que la terre avait reçu l'influence magnétique en même temps que lui arrivait la lumière.

« Des renseignements nous parviennent peu à peu sur les Aurores boréales que l'on a observées pendant les nuits de la période en question, non-seulement dans ces latitudes, mais à Rome, dans les Indes Occidentales, aux tropiques par 18° de l'équateur (où l'on n'en voit presque jamais) et même, ce qui est bien plus étonnant, dans l'Amérique méridionale et en Australie, où, dans la nuit du 2 septembre, se manifesta, à Melbourne, l'Aurore la plus remarquable qu'on ait jamais vue dans cette région. Ces Aurores furent accompagnées, dans toutes les parties du monde, de perturbations électro-magnétiques d'une intensité extraordinaire. En plusieurs endroits, les fils télégraphiques cessèrent de fonctionner ; à Washington et à Philadelphie, en Amérique, les employés du télégraphe chargés de transmettre les signaux reçurent de fortes secousses électriques. A une station située en Norwége, l'appareil télégraphique fut tout en feu ; et à Boston, dans l'Amérique Septentrionale, une traînée lumineuse suivit la plume du télégraphe électrique de Bain, qui écrit le message sur un papier préparé chimiquement (1). »

Il se peut que le passage de cette force électro-magnétique se communiquant du soleil à notre globe soit un des principaux moyens par lesquels la planète recouvre sa chaleur perdue par rayonnement dans l'espace ; et l'on conçoit facilement qu'aux périodes géologiques successives, pendant lesquelles de nouvelles chaînes de montagnes ont été soulevées, tandis

(1) Herschel, *Familiar lectures on Scientific Subjects*, 1866, p. 80.

que d'autres plus anciennes ont disparu par suite d'affaissement ou de dénudation, et que même des océans et des continents ont changé de place, la circulation des courants électro-magnétiques et la concentration locale de la chaleur due à ces courants aient pu affecter de nouvelles parties de l'extérieur de la planète. Il est presque impossible d'évaluer assez haut la somme d'actions et de réactions auxquelles peut donner naissance la cause dont nous nous occupons. « L'opération lente et silencieuse de l'électricité comme agent chimique est bien plus importante, » dit Davy, « dans l'économie de la nature que celle d'où résultent les effets grandioses et terrifiants de l'éclair et du tonnerre. Elle peut être considérée non-seulement comme produisant d'une manière directe une infinie variété de changements, mais encore comme influençant presque tous ceux qui s'opèrent; il semblerait, en vérité, que l'attraction chimique elle-même n'est qu'une forme particulière par laquelle se manifeste l'attraction électrique (1). »

La thermo-électricité peut être engendrée par suite de grandes inégalités qu'amène dans la température une distribution partielle de la chaleur volcanique. Ainsi, par exemple, partout où l'on rencontre des masses de roches d'une grande étendue horizontale et d'une profondeur considérable qui, sur un point, sont à l'état de fusion (comme au-dessous de quelques volcans actifs), sur un autre, à la température de la chaleur rouge, et sur un troisième, relativement refroidies, il peut ariver que l'action thermo-électrique soit fortement excitée, et que les courants électriques, une fois dans cet état, fondent les roches et jouissent du pouvoir décomposant de la pile voltaïque.

Action chimique. -- Quand Sir H. Davy découvrit les bases métalliques des terres et des alcalis, il émit l'opinion que ces agglomérations de métaux pouvaient abonder, à l'état non

(1) *Consolations in Travel*, p. 271.

oxydé, dans les régions souterraines où l'eau doit pénétrer quelquefois. Il supposait que chaque fois que cette circonstance avait lieu, la matière gazeuse devenait libre, que les métaux se combinaient avec l'oxygène de l'eau, et qu'il se développait une chaleur suffisante pour déterminer la fusion des roches environnantes. Cette hypothèse fut d'abord très-favorablement accueillie par les chimistes et par les géologues; car la silice, l'alumine, la chaux, la soude et l'oxyde de fer, — substances dont les laves sont principalement composées, — résultent, du contact avec l'eau, des métaux combustibles dont nous parlions tout à l'heure. Mais Davy n'ayant pu découvrir, pendant une éruption du Vésuve, aucune trace d'hydrogène parmi les produits gazeux émis du cratère, se trouva disposé à renoncer à sa théorie ou du moins à n'y attacher qu'une très-faible importance.

Ainsi que nous l'avons vu (p. 289), il est aujourd'hui parfaitement établi que, pendant les éruptions, l'hydrogène se dégage en quantités considérables; mais, suivant M. Fouqué, il y a toujours dans cette émission beaucoup plus d'hydrogène proto-carboné que d'hydrogène à l'état libre, tandis que le contraire devrait avoir lieu, si les gaz combustibles résultaient du contact des métaux alcalins avec l'eau (1). Le même chimiste fait remarquer que pour expliquer l'énorme dégagement de chaleur pendant la dernière éruption de l'Etna, il faudrait recourir à la présence d'une masse de sodium d'au moins 7,000,000 de mètres cubes, et que, par conséquent, la quantité de métaux alcalins nécessaire pour développer dans chacun des volcans actifs une longue série d'éruptions devrait s'y trouver au-dessous dans des proportions incroyables.

M. Fouqué se contente d'admettre l'hypothèse d'une nappe souterraine de lave fluide, jusqu'où l'eau peut quelquefois pénétrer, la chaleur centrale étant appelée à maintenir dans

(1) Fouqué, *Rapport sur les phénomènes chimiques de l'Eruption de l'Etna* en 1865, p. 80.

un état de fusion les parties inférieures de la croûte du globe; mais il n'essaye nullement d'expliquer le déplacement de la force volcanique d'une partie de l'enveloppe terrestre à une autre.

Dans les premières éditions de cet ouvrage, je disais qu'en admettant que de la chaleur s'accumule et se développe successivement dans les différentes parties de l'enveloppe terrestre, il était facile de concevoir que les eaux de lacs et de mers pussent pénétrer jusqu'à la lave fluide lorsque, au moment des tremblements de terre, des masses d'eau considérables se trouvent englouties dans des gouffres; et qu'ensuite, les bords des fissures venant à se refermer avec violence, la vapeur formée par suite du contact de l'eau avec le fluide igné souterrain ne se dégageât pas des mêmes fentes, mais s'échappât avec la lave par une autre issue et probablement par les ouvertures habituelles des volcans. Or, un tel développement de chaleur, accompagné d'actions et de réactions chimiques dans certaines parties des profondeurs de la terre, n'a rien qui soit aussi étonnant qu'un état ordinaire de repos et d'inertie dans la masse intérieure. Quand on considère la nature combustible des éléments dont est formée la partie du globe que nous connaissons, — la facilité avec laquelle leurs composés peuvent être dissociés et donner naissance à des combinaisons nouvelles, — la quantité de chaleur qu'ils émettent pendant ces diverses opérations; quand on songe à la force expansive de la vapeur et qu'on voit l'eau elle-même se composer de deux gaz qui, par leur réunion, produisent une chaleur intense; quand on se rappelle le nombre de composés explosifs et détonnants qui ont été déjà découverts, il est bien permis de s'étonner, avec Pline, qu'un seul jour se passe sans qu'une conflagration générale ait lieu : « *Excedit profectò omnia miracula, ullum diem fuisse quo non cuncta conflagrarent* (1). »

(1) *Hist. Mundi*, lib. II, c. 107.

Mais les difficultés que l'on rencontre, lorsqu'on essaye d'établir une théorie chimique des volcans, sont presque insurmontables, en raison de notre incapacité à démontrer expérimentalement la manière dont se comporteraient diverses substances, solides, liquides ou gazeuses, sous des conditions de température et de pression complétement différentes de celles qui existent à la surface. Une simple variation dans la quantité de chaleur peut entrainer, observe Sœmann, des modifications essentielles dans les affinités chimiques des corps. Le mercure, remarque le même auteur, « ne se combine pas avec l'oxygène à la température ordinaire, mais bien à celle du point d'ébullition, et se débarrasse ensuite de ce gaz à la chaleur rouge naissante. Nous avons donc ici, dans les limites de quelques centaines de degrés, trois états différents d'affinité chimique; et qui oserait affirmer, qu'après cette dernière phase de séparation, l'action chimique cesse entre ces deux éléments d'une manière définitive et pour toutes les températures supérieures? Or, ce qui est vrai à l'égard du mercure et de l'oxygène l'est aussi pour tous les autres éléments (1). »

Causes d'élévation et d'abaissement permanents de la terre ferme. — De la position des roches fossilifères et autres dans la croûte terrestre, le géologue a pu conclure que quelques-unes de ces roches ont été soulevées de bas en haut jusqu'à la hauteur de plusieurs kilomètres au-dessus du niveau où elles furent originellement formées sur le fond de l'océan, et que d'autres ont également subi des affaissements graduels dans une proportion considérable au-dessous des niveaux qu'elles occupaient autrefois. Ces grands mouvements ont été occasionnés par la chaleur souterraine ou volcanique, qui a successivement affecté différentes parties de la terre. Les chaines de montagnes actuellement existantes

(1) Louis Sœmann, *Notes on Daubrée on Meteorites*, *Geol. Mag.*, 1866, p. 362.

appartiennent à des âges différents, et il en est peu qui doivent l'ensemble de leur présente conformation aux mouvements qui se sont manifestés dans une seule et même époque. Les forces, agissant de bas en haut ou de haut en bas, qui leur ont donné naissance, et qui ont déterminé, dans le cours des siècles, la position variable des continents et des bassins océaniques, ont évidemment transporté leurs points principaux de développement d'une région à une autre, comme les volcans et les tremblements de terre, et sont toutes, dans le fait, le résultat des mêmes opérations intérieures, auxquelles donnent lieu la chaleur, l'électricité, le magnétisme et l'affinité chimique.

Des expériences ont été faites en Amérique par le Colonel Totten, dans le but d'estimer les proportions suivant lesquelles quelques-unes des pierres le plus communément employées en architecture se dilatent sous l'influence de certaines élévations de température (1). Il reconnut qu'il était impossible, dans une contrée où la variation annuelle de température est de plus de 50° centigrades, de construire un entablement en pierres de 1m50 de long, dont les joints se maintinssent assez serrés pour empêcher l'eau de pénétrer entre la pierre et le ciment; la contraction et la dilatation annuelles des pierres donnant lieu, entre les points de jonction, à de petites crevasses dont la largeur varie avec la nature de la roche. Il a été établi que le granit à grains fins se dilatait pour 0°56 centigrades des $\frac{4825}{1000000000}$ de son volume; le marbre blanc cristallin de $\frac{5668}{1000000000}$; et le grès rouge de $\frac{9532}{1000000000}$, ou deux fois environ autant que le granit.

Or, suivant cette loi de dilatation, une masse de grès de 1,600 mètres d'épaisseur, et dont la température serait élevée à 93°33 centigrades, soulèverait un lit sus-jacent de roche à la

(1) *Sellimon's American Journ.*, vol. XXII, p. 136. L'application de ces résultats à la théorie des tremblements de terre m'a été suggérée, pour la première fois, par M. Babbage.

hauteur de 3 mètres au-dessus de son premier niveau. Mais, supposons qu'une partie de la croûte terrestre, uniformément dilatable et d'une épaisseur de 8 kilomètres, soit portée de 315°55 à 426°66 centigrades, il en résultera un soulèvement de 300 à 450 mètres. Puis, si cette même masse vient à se refroidir, les roches supérieures s'abaisseront de nouveau et reprendront leur position primitive. C'est ainsi qu'on pourrait expliquer l'élévation graduelle de la Scandinavie ou l'abaissement du Groënland.

Il est possible aussi que, de même que l'argile se contracte dans le pyromètre de Wedgwood, tant par l'abandon de son eau de composition que par l'effet d'une vitrification commençante, de même de grandes masses de strates argileuses contenues dans l'intérieur de la terre se contractent, lorsqu'elles sont soumises à l'action d'une forte chaleur et de changements chimiques, et donnent lieu à l'abaissement graduel des roches supérieures.

De plus, si l'on suppose que la lave, en se refroidissant lentement à de grandes profondeurs, puisse être convertie en diverses roches granitiques, on obtient ainsi une autre source de dépression ; car, suivant les expériences de Deville et les calculs de Bischoff, la contraction du granit, quand ce corps passe d'un état plastique ou de fusion à un état solide ou cristallin, doit être de plus de 10 pour cent (1).

Le Dr Bischoff a également remarqué que lorsque les silicates, — ces matières qui entrent pour une si large part dans la composition des roches les plus anciennes, telles que le gneiss, le micaschiste, l'argile schisteuse et autres, — se trouvent imprégnés de gaz acide carbonique, presque universellement répandu à de grandes profondeurs, ils doivent subir une décomposition continuelle. Dans ce cas, les carbonates formés par les nouvelles combinaisons doivent souvent aug-

(1) *Bulletin de la Soc. Géol.*, 2e série, vol. IV, p. 1312.

menter le volume des roches altérées. Cet accroissement de volume, dit-il, donnera quelquefois naissance à une force mécanique d'expansion capable de soulever la croûte supérieure de la terre, et cette même force pourra agir latéralement, de manière à comprimer, disloquer et incliner les strates sur chacun des côtés d'une masse dans le sein de laquelle se développent les nouveaux changements chimiques. Le même éminent chimiste Allemand a essayé de calculer la quantité exacte d'extension à laquelle les nouveaux produits minéraux ainsi formés peuvent donner lieu, en ajoutant au volume des roches.

Une fois que des portions de la croûte terrestre ont été bouleversées, comme dans les régions des tremblements de terre, et qu'il s'est développé, dans les réservoirs de pierre fondue et de vapeurs brûlantes, une force suffisante pour soulever la masse supérieure, il est facile de concevoir que la contrée puisse se maintenir d'une manière permanente dans l'état d'élévation qui lui a été donné. En certains endroits, en effet, les roches fracturées du fond doivent prendre une forme voûtée, ou bien la lave injectée dans des fissures peut, en se consolidant, devenir un support pour les fondations des couches nouvellement élevées.

La dépression subite de certaines étendues du sol peut être causée par l'effondrement de cavernes souterraines, phénomène auquel donne lieu la condensation du gaz, ou leur dégagement à travers des crevasses nouvellement formées. De plus, l'évacuation de la matière de certaines parties de l'intérieur, par l'écoulement de la lave et des sources minérales, doit, dans le cours des siècles, occasionner des vides, et, par suite, déterminer la chute ou l'affaissement des portions minées de la surface. De cette manière, il serait peut-être possible d'expliquer, au point de vue géographique, les rapports qui semblent exister entre l'élévation et l'abaissement de certaines régions, dans lesquelles une mer profonde est souvent contiguë à la partie exhaussée de la terre ferme.

Comment se trouve maintenu l'équilibre des continents. — D'après les renseignements historiques que nous avons précédemment donnés, on a dû voir que la force productive des mouvements souterrains, intermittents ou continus, accompagnés ou non de perturbations, n'agit point au hasard, mais se développe dans certaines régions seulement; et quoique les changements opérés pendant le temps nécessaire à la production d'un petit nombre d'éruptions volcaniques puissent être fort peu considérables, il n'est guère permis de douter que pendant les siècles que mirent à se former de grands cônes volcaniques, composés de milliers de courants de lave, des hauts-fonds n'aient été convertis en montagnes très-élevées, et des basses terres en mers profondes.

Dans un des chapitres précédents (vol. I, p. 431), j'ai établi que les causes aqueuses et ignées pouvaient être considérées comme des forces antagonistes; — les premières agissant constamment de manière à effacer les inégalités de la surface de la terre, et les autres déployant une activité égale à les reproduire sans cesse. Quelques géologues ont pensé que le pouvoir de nivellement des eaux était opposé, plutôt à la force *soulevante* des tremblements de terre qu'à leur action considérée d'une manière générale. Cette opinion, toutefois, est insoutenable; car l'abaissement du lit de l'océan est un des moyens par lesquels les continents se trouvent garantis d'une submersion graduelle. La profondeur de la mer ne peut être augmentée en un point quelconque sans qu'il s'ensuive un abaissement général des eaux; de même que le moindre dépôt de sédiment ne peut avoir lieu sans le déplacement d'une quantité d'eau de volume égal, qui aura pour effet d'élever le niveau de la mer, quoique imperceptiblement, jusqu'aux antipodes. Aussi, la conservation des continents peut quelquefois être attribuée à la dépression d'une partie de l'écorce du globe, — de cette partie principalement qui est couverte par l'océan, — de même qu'un mouvement d'élévation doit souvent tendre à les détruire; car

si ce mouvement rend le lit de la mer moins profond, il déplace une certaine quantité d'eau et tend ainsi à submerger les terres basses.

Si les dimensions de la planète sont restées invariables pendant la période dont s'occupe la géologie, il est indispensable de supposer que la quantité de dépression causée par la chaleur souterraine doit excéder celle de l'élévation, pour rétablir constamment à la surface du globe ces inégalités que le pouvoir de nivellement des eaux tend à effacer. Il en serait autrement si l'action des volcans et des sources minérales était interrompue; car alors la tendance de l'enveloppe terrestre à s'élever ne devrait pas l'emporter sur celle qu'elle éprouve à s'abaisser.

Pour mieux comprendre cette proposition, il faut se rappeler que les dépôts des rivières et des courants ajoutent probablement autant à la hauteur des terres qui sont en voie de s'élever, qu'ils retranchent à celle des terres parvenues à un certain degré d'exhaussement. Supposons qu'une grande rivière amène des sédiments dans une partie de la mer qui ait 600 mètres environ de profondeur, et que, par suite de l'accumulation de ces matières, la profondeur diminue graduellement jusqu'à ce qu'il ne reste plus, sur ce point, qu'un haut-fond recouvert par les eaux au moment de la haute mer seulement. Dans cet état de choses, si une force soulevante venait à exhausser ce haut-fond de 600 mètres, il en résulterait une montagne d'une égale hauteur; mais si cette force avait soulevé le même point du lit de l'océan, avant que le sédiment de la rivière l'eût comblé, il arriverait alors, qu'au lieu de convertir un haut-fond en une montagne de 600 mètres de hauteur, elle n'eût fait simplement que changer une mer profonde en haut-fond.

Il paraît donc que les opérations des forces souterraines et volcaniques ont souvent pour effet d'amener une sorte de contradiction dans le pouvoir de nivellement des eaux; et toute paradoxale que puisse paraître cette donnée, nous pouvons

être sûrs que partout où se trouvent des collines et des montagnes formées de dépôts stratifiés, de telles aspérités n'existeraient pas si l'eau, à quelque époque ancienne, n'eût point agi de manière à niveler la surface de la terre.

Mais, outre le transport de la matière qu'effectue l'eau courante des continents à la mer, il s'en opère constamment un autre de bas en haut, par l'intermédiaire des sources minérales et des évents volcaniques. De même que certaines masses de montagnes sont, dans le cours des siècles, engendrées par l'épanchement de courants successifs de lave, de même des roches stratifiées, d'une grande étendue, doivent leur origine au dépôt du carbonate de chaux et des autres substances minérales dont les sources sont imprégnées. La surface des continents et de certaines portions du fond de la mer étant ainsi élevée, les additions extérieures dues à ces opérations augmenteraient incessamment les dimensions de la planète, si la somme de la dépression de l'écorce du globe ne dépassait pas celle de l'élévation. Ainsi, pour que le diamètre moyen de la terre puisse rester uniforme, et que la surface conserve ses inégalités, il est nécessaire que la somme de l'abaissement soit en excès. Or, d'après les principes de la mécanique, une telle prédominance de la dépression est loin d'être improbable, puisque chaque mouvement tendant à produire un soulèvement doit donner naissance à des cavernes dans la masse située au-dessous, ou diminuer l'intensité de cette masse. Des vides doivent aussi se produire, soit par suite de l'évacuation de la matière émise par les volcans et par les sources minérales, soit par l'effet de la contraction des masses argileuses résultant de la chaleur souterraine ; et les fondations ayant été ainsi affaiblies, on comprend que la croûte terrestre, ébranlée et déchirée par des convulsions réitérées, doive nécessairement finir dans le cours des siècles, par céder.

Si nous adoptons ces idées, nous verrons qu'il en découle des conséquences importantes sous le point de vue géologique ;

puisque, si, en somme, la dépression l'emporte sur l'exhaussement, la profondeur moyenne à laquelle d'anciennes surfaces se sont abaissées au-dessous de leur niveau primitif doit excéder la hauteur que d'anciennes strates marines ont atteinte au-dessus de la mer. Si, par exemple, des strates marines, à peu près de l'âge de la craie et du grès vert, avaient été soulevées en Europe à la hauteur de plus de 3,353 mètres, — limite extrême, — et en moyenne jusqu'à celle de plusieurs centaines de mètres, on pourrait en conclure que certaines parties de la surface qui existaient lorsque ces strates furent déposées, se sont abaissées jusqu'à la profondeur de *plus de* 3,353 mètres, — terme extrême, — et en moyenne, à *plus* de quelques centaines de mètres.

Quant aux failles, il faut aussi admettre, suivant l'hypothèse ici proposée, que le plus grand nombre d'entre elles sont dues plutôt à l'affaissement des roches qu'à leur soulèvement.

D'après les idées que nous venons d'exposer, il parait donc fort probable que la restauration constante des continents, et la disposition favorable de notre planète pour le maintien des espèces terrestres et aquatiques, sont garanties par la force soulevante et déprimante de causes qui agissent dans l'intérieur de la terre, et qui, tout en étant souvent une source de terreur et de mort pour les habitants du globe, puisqu'elles se manifestent successivement dans chaque région, et laissent partout sur la terre des traces de ruines et de désordre, n'en sont pas moins les agents d'un principe conservateur plus essentiel qu'aucun autre à la stabilité du système.

Récapitulation des chapitres XXXII et XXXIII. — Je vais maintenant récapituler les conclusions principales auxquelles nous sommes arrivés dans ce chapitre et dans le précédent.

1. Les causes premières des volcans et des tremblements de terre sont, à très-peu de chose près, les mêmes, et se

rattachent au développement de la chaleur et de l'action chimique à diverses profondeurs dans l'intérieur du globe.

2. La chaleur volcanique a été attribuée par plusieurs auteurs à la température élevée qu'avait la planète entière lorsqu'elle était à l'état de fusion ignée. Ils supposent que cette température a toujours été en décroissant et qu'elle diminue encore tous les jours par suite de son rayonnement dans l'espace.

3. La figure sphéroïdale de la terre n'implique pas nécessairement une fluidité universelle et simultanée de la planète, à son origine ; car, quelle qu'ait été sa forme première, toujours est-il, qu'après un temps suffisant, elle a dû prendre la figure d'équilibre, par suite de l'action graduelle de la force centrifuge, s'exerçant sur les matériaux flexibles successivement amenés dans sa sphère d'action par les causes aqueuses et ignées.

4. Suivant feu M. Hopkins, le mouvement de précession de la terre ne pourrait être ce qu'il est aujourd'hui, sans que la croûte solide ait une épaisseur de 130 à 160 kilomètres ; mais il est établi que le mouvement de précession est compatible avec l'hypothèse d'une épaisseur bien plus considérable, et même avec celle de la solidité générale du globe entier, pourvu que les lacs ou océans de matière fondue, disséminés dans la masse, y soient renfermés de manière à suivre le mouvement de la portion solide.

5. La chaleur dans les mines et dans les puits artésiens augmente progressivement avec leur profondeur, mais non dans une proportion uniforme, dans les différentes régions. Or, si cette chaleur augmentait d'une manière continue et dans une même proportion de la surface à l'intérieur, il en devrait résulter que le noyau central aurait une température assez élevée pour fondre instantanément l'enveloppe.

6. L'hypothèse d'un noyau fluide, sur lequel repose ou flotte une mince enveloppe solide, est tout à fait en désac-

cord avec l'absence de marées intérieures, dont le résultat serait de produire un flux et un reflux de la lave dans les cratères volcaniques, pendant le cours des éruptions.

7. L'hypothèse d'un changement dans l'axe de rotation d'une enveloppe solide que l'on suppose glisser sur un noyau fluide intérieur, par suite du transport du sédiment des latitudes élevées aux latitudes basses, et réciproquement, est insoutenable, parce que l'excès de matière déplacée et transportée dans une direction serait excessivement faible, et que la figure sphéroïdale de la terre rendrait impossible la libre exécution d'un pareil mouvement.

8. En admettant qu'il y ait d'excellentes raisons astronomiques en faveur de la fluidité originelle de la planète, cette fluidité primitive n'a rien à voir dans la question de la chaleur volcanique, car cette action qui s'est manifestée à des périodes successives se rapporte à un état du globe bien postérieur à son origine, et implique la fusion successive des différentes parties de la croûte solide.

9. La quantité de lave qui, en un temps quelconque, se trouve à l'état fluide dans le sein de la croûte terrestre, quoique ayant une certaine importance par rapport aux changements superficiels, tels que la formation des chaines de montagnes, les lignes de bouches volcaniques, ou les régions des tremblements de terre, peut néanmoins être regardée comme tout à fait insignifiante relativement aux dimensions d'une enveloppe extérieure dont le diamètre est de 80 kilomètres.

10. L'énergie des forces volcaniques qu'on suppose avoir été plus grande aux anciennes époques qu'aujourd'hui, est une conjecture qui ne se trouve nullement confirmée par les observations faites sur la quantité de lave produite durant plusieurs de ces périodes.

11. L'idée ancienne que des roches cristallines, stratifiées ou non stratifiées, telles que le granit et le gneiss, se sont formées

dans les parties inférieures de la croûte terrestre aux dépens d'un noyau central passant lentement de l'état de fusion à celui de refroidissement, a été complétement abandonnée, depuis qu'on a trouvé du granit de tous les âges, et qu'on sait que les roches métamorphiques sont des dépôts sédimentaires altérés qui impliquent la dénudation d'une croûte préalablement solidifiée.

12. (Chap. XXXIII.) L'action énergique de la vapeur d'eau dans les éruptions volcaniques nous conduit à comparer le pouvoir qu'a cette vapeur de pousser la lave à la surface avec celui qu'elle exerce en faisant monter l'eau dans le conduit d'un Geyser d'Islande. Divers gaz, rendus liquides par la pression à de grandes profondeurs, peuvent aussi contribuer à la production d'explosions volcaniques, ainsi qu'au déchirement et au fissurage des roches pendant les tremblements de terre.

13. Le nombre des volcans en activité qu'on observe sur les côtes et dans les îles se rattache probablement à l'action de l'eau dans les opérations volcaniques. Les observations chimiques les plus récentes sur les produits des dernières éruptions favorisent la doctrine suivant laquelle de grandes masses d'eau salée peuvent pénétrer jusqu'aux foyers volcaniques.

14. La flexibilité de certaines parties de l'écorce terrestre, déduite d'observations sur les tremblements de terre, impliquerait l'existence continuelle, au-dessous de la surface, de vastes réservoirs de matière fondue, mais n'occupant, dans tous les cas, qu'une place très-secondaire dans le sein de l'écorce du globe.

15. L'existence de courants électriques dans l'écorce terrestre, et les changements de direction qu'ils peuvent subir à la suite de grandes révolutions géologiques dans la position des chaînes de montagnes, et dans celle de la terre et de la mer; la relation qui existe entre le magnétisme terrestre et

le magnétisme solaire, et les rapports de ce dernier agent avec l'électricité et l'action chimique, peuvent nous aider à concevoir un cycle de changements de nature à rendre à la planète la chaleur qu'elle est supposée perdre par rayonnement dans l'espace.

16. L'élévation et l'abaissement permanents de la terre ferme qu'on observe de nos jours, et qui n'ont pas cessé de s'effectuer dans le cours des temps géologiques écoulés, peuvent se rattacher à la dilatation et à la contraction des différentes parties de la croûte solide, dont quelques-unes se sont refroidies de temps en temps, tandis que d'autres ont acquis de nouvelles provisions de chaleur.

17. Dans le maintien de la proportion moyenne de la terre ferme avec la mer, les agents ignés exercent une action conservatrice qui a pour effet de rétablir les inégalités de la surface que tend à détruire le pouvoir de nivellement de l'eau en mouvement. Si le diamètre de la planète reste invariable, c'est qu'alors les mouvements que l'écorce subit de bas en haut sont un peu en excès, afin de contre-balancer les effets des volcans et des sources minérales, qui ne cessent de porter vers le haut les matériaux de l'intérieur de la terre et de les disséminer à sa surface, de manière à en élever le niveau. On voit donc que les mouvements souterrains, quelque destructeurs qu'ils puissent être pendant les tremblements de terre, sont néanmoins nécessaires à la bonne disposition de la surface habitable, et même à l'existence des espèces terrestres.

LIVRE III.

CHANGEMENTS ACTUELLEMENT EN VOIE DE S'ACCOMPLIR DANS LE MONDE ORGANIQUE.

CHAPITRE XXXIV.

LAMARCK SUR LA TRANSFORMATION DES ESPÈCES.

Division du sujet. — Examen de la question de savoir si les espèces existent réellement dans la Nature. — Importance de cette question en géologie. — Aperçu des arguments de Lamarck en faveur de la variabilité des espèces et de ses conjectures sur l'origine des animaux et des végétaux actuels. — Exposé de sa théorie sur le passage de l'orang-outang à l'état d'homme.

Depuis le chapitre XV jusqu'à celui-ci, nous nous sommes occupés à examiner les changements qui, pendant la période accessible à l'observation humaine, se sont produits à la surface du globe, par l'effet des agents inorganiques, tels que les rivières, les courants marins, les volcans et les tremblements de terre. Mais il est une autre classe de phénomènes qui réclament une égale attention de notre part, si nous voulons acquérir, à l'égard de la marche actuelle de la Nature, toutes les connaissanees nécessaires pour l'interprétation des faits géologiques, — je veux parler des phénomènes qui ont rapport au monde organique. — L'esquisse préliminaire que nous avons donnée des progrès de la géologie, a fait voir le vif intérêt qu'excitèrent parmi ceux qui, les premiers, cultivèrent cette science, les découvertes que l'on fit de débris d'animaux et de plantes dans l'intérieur de montagnes souvent situées à une grande distance de la mer. Une controverse des plus animées s'éleva sur la nature de ces débris, sur les causes qui peuvent les avoir amenés dans une posi-

tion aussi singulière, et sur les différences qu'ils présentent, sous le rapport des espèces, avec les animaux et les végétaux connus. Or, pour avoir des notions exactes sur ces questions intéressantes, il faut, avant tout, étudier l'état actuel de la création animée à la surface du globe.

Cette branche de nos recherches se divise naturellement en deux parties :

La première aura pour objet d'examiner les diverses significations que l'on a attachées au mot « espèce », et la question de savoir si, comme on l'a prétendu, chaque espèce est restée la même depuis son origine, ne variant que dans certaines limites définies ; ou si chacune d'elles est susceptible d'être indéfiniment modifiée, dans le cours d'une longue série de générations. Ceci nous conduira à rechercher jusqu'à quel point la durée de chaque espèce animale ou végétale est limitée par l'influence de certaines conditions et de certains changements temporaires dans l'état du monde organique et inorganique ; s'il existe des preuves de la destruction successive des espèces, et de quelle manière les places laissées vacantes peuvent être occupées par de nouveaux animaux et par de nouvelles plantes, dont l'organisation s'accorde mieux avec les nouvelles conditions du globe.

La seconde division aura pour but de découvrir comment des individus appartenant à certaines espèces passent parfois à l'état fossile, ou se conservent de façon à fournir une partie de la structure solide de la terre, de telle sorte qu'ils peuvent servir, après des siècles, à attester l'état dans lequel se trouvait le monde animé à l'époque où ils passèrent à l'état fossile.

Avant d'entamer nos recherches, il faut définir avec précision le sens qu'on attache au mot « espèce ». Cela est encore plus nécessaire en géologie que dans toute autre branche de l'Histoire Naturelle ; car ceux qui nient la variabilité indéfinie des espèces accordent cependant qu'un bota-

niste ou un zoologiste puisse raisonner comme si les caractères spécifiques étaient constants, parce qu'ils bornent leurs observations à une période de temps fort limitée. De même que l'astronome, en construisant ses cartes du ciel, peut procéder siècle après siècle comme si les places apparentes des étoiles fixes restaient absolument les mêmes, et comme si le mouvement propre du soleil ne produisait à cet égard aucune altération; de même, dit-on, dans le monde organique, la stabilité d'une espèce peut être considérée comme absolue, si l'on ne se reporte pas au delà de la période si restreinte de l'histoire de l'homme ; mais s'il s'écoule un nombre de siècles suffisant pour qu'il se produise d'importantes modifications dans le climat, dans la géographie physique et dans d'autres circonstances, les caractères des individus descendant de souches communes pourront, dès lors, s'écarter indéfiniment de leur type primitif.

Or, si ces doctrines sont fondées, nous devons tout d'abord reconnaître un principe de changement incessant dans le monde organique, et il n'est aucun degré de dissemblance, dans les animaux et les plantes ayant existé jadis et que l'on trouve aujourd'hui à l'état fossile, qui puisse nous autoriser à conclure qu'ils n'ont pas été les ancêtres et les prototypes des espèces actuellement vivantes. En conséquence, MM. Lamarck et Geoffroy Saint-Hilaire exprimèrent, au commencement de ce siècle, l'opinion que, depuis les âges les plus reculés jusqu'à ce jour, il s'est produit dans le règne animal, au moyen de la génération, une succession d'êtres non interrompue, et que les anciens animaux, dont les débris ont été conservés dans les strates, peuvent cependant, quoique différents de ceux qui vivent aujourd'hui, avoir été les ancêtres de ces derniers. Afin d'expliquer les faits et les raisonnements dont on s'est servi pour appuyer cette théorie, je ne puis mieux faire que de présenter au lecteur une esquisse rapide des arguments que Lamarck a regardés comme autant

de preuves de sa doctrine, que partageait en grande partie son contemporain, Geoffroy Saint-Hilaire (1).

Arguments de Lamarck en faveur de la variabilité des espèces. — « Le nom d'*espèce* », observe Lamarck, « a été ordinairement donné à toute collection d'individus semblables qui furent produits par d'autres individus pareils à eux (2). » Il admet cette définition comme exacte, parce que tout individu vivant offre une très-grande ressemblance avec ceux dont il provient. Mais ce n'est pas là généralement tout ce qu'on entend par le mot *espèce*, car la majorité des naturalistes, d'accord avec Linné, supposent que les individus provenant d'une souche unique se distinguent par certains caractères communs qui ne varient jamais, et qui sont restés les mêmes depuis la création de chaque espèce. Lamarck proposa donc d'étendre la définition reçue de ce mot, de la manière suivante : « Une espèce consiste en une collection d'individus semblables entre eux, et se reproduisant tels par la génération, aussi longtemps que les conditions du milieu dans lequel ils vivent ne se trouvent pas altérées au point de faire varier leurs habitudes, leurs caractères et leurs formes. »

Pour montrer le fondement de cette définition du mot

(1) J'ai réimprimé mot pour mot dans ce chapitre l'extrait de Lamarck sur la variabilité des espèces que j'ai fait paraître, en 1832, dans la première édition des *Principes de Géologie*, vol. II, ch. I. J'ai pensé que c'était une justice à rendre à Lamarck que de montrer combien les opinions professées par ce savant, au commencement du siècle, ressemblaient à celles qui sont aujourd'hui en vogue parmi un grand nombre de naturalistes, relativement à la variabilité indéfinie des espèces, et au développement progressif, dans le cours des âges passés, du monde organique. Le lecteur se rappellera que lorsque, en 1832, je fis cette analyse de la *Philosophie Zoologique*, j'étais complétement opposé à la doctrine qui admet que les animaux et les plantes actuellement existants sont les descendants en ligne directe des diverses espèces que nous ne connaissons qu'à l'état fossile. Il n'y a donc aucun motif de supposer que le compte rendu de l'hypothèse de Lamarck, écrit par moi il y a trente-cinq ans, porte la moindre empreinte de mes idées actuelles, qui tendraient à le mettre mieux en harmonie avec la théorie promulguée depuis par Darwin. La loi de sélection naturelle, au moyen de laquelle notre illustre contemporain a jeté une si grande lumière sur l'origine des espèces, sera exposée dans le prochain chapitre et dans les suivants.

(2) *Phil. Zool.*, t. I, p. 54, 1809.

« espèce », Lamarck argumentait de la manière suivante : — Plus nous avançons dans la connaissance des divers corps organisés qui couvrent la surface du globe, plus notre embarras s'accroît pour déterminer ce qui doit être regardé comme espèce, et à plus forte raison pour limiter et distinguer les genres. A mesure que nos collections s'enrichissent, nous voyons presque tous les vides se combler, et toutes nos lignes de séparation s'effacer. Nous nous trouvons réduits à une détermination arbitraire qui tantôt nous porte à saisir les moindres différences de simples variétés pour en former les caractères de ce que nous appelons espèce, et tantôt nous fait déclarer variétés de telle espèce des individus un peu différents, que d'autres regardent comme constituant une véritable espèce.

Plus nous collectionnons des objets de la Nature, plus nous rencontrons les preuves que toute chose passe à une autre par des nuances insensibles, que même les différences les plus remarquables s'évanouissent, et que le plus souvent la Nature ne laisse à notre disposition, pour établir des distinctions, que des particularités insignifiantes, et, en quelque sorte, puériles.

On trouve que, parmi les animaux et les végétaux, la plupart des genres sont d'une étendue telle, par la quantité d'espèces qu'on y rapporte, que l'étude et la détermination de ces espèces y sont maintenant presque impraticables. Quand les espèces sont rangées en séries et rapprochées d'après la considération de leurs affinités naturelles, elles présentent, avec celles qui les avoisinent immédiatement, des différences si légères, qu'elles se nuancent et se confondent, en quelque sorte, les unes avec les autres. Si l'on rencontre des espèces isolées, on peut présumer qu'il en est ainsi parce qu'il nous en manque d'autres qui en sont plus voisines et que nous n'avons pas encore recueillies. Non-seulement beaucoup de genres, mais des ordres entiers et quelquefois des classes même, nous présentent déjà des portions presque complètes de l'état de choses que je viens d'indiquer.

Or, lorsque, dans ces cas, après avoir rangé les espèces en séries régulières, on en choisit une, et qu'ensuite, sautant par-dessus un certain nombre d'intermédiaires, on en prend une autre un peu éloignée de la première, ces deux espèces, mises en comparaison, nous offriront de très-grandes dissemblances entre elles. C'est ainsi que le naturaliste commence à étudier les objets de la Nature qui se trouvent le plus à sa portée. Il lui devient alors facile d'établir les distinctions génériques et spécifiques, et ce n'est qu'après avoir acquis plus d'expérience, et s'être rendu maître des anneaux intermédiaires de la chaîne, qu'il commence à entrevoir les difficultés et les doutes qui l'attendent. Mais, en même temps que nous sommes ainsi forcés de recourir à des caractères minutieux et insignifiants quand nous essayons de séparer les espèces, nous reconnaissons une disparité frappante entre des individus que nous savons être descendus d'une souche commune; et les particularités nouvelles qui les distinguent à nos yeux sont régulièrement transmises de génération en génération, constituant ce qui forme les *races*.

Quantité de faits, continue Lamarck, nous apprennent qu'à mesure que les individus d'une de nos espèces changent de situation, de climat, et de manière d'être ou d'habitudes, ils changent aussi, peu à peu, la consistance et les proportions de leurs parties, leur forme, leurs facultés, leur organisation même; en sorte que tout en eux participe, avec le temps, aux mutations qu'ils ont éprouvées. Dans le même climat, des situations et des expositions très-différentes font d'abord simplement varier les individus qui s'y trouvent exposés; mais si ces individus continuent à vivre et à se reproduire dans ce même milieu de circonstances différentes, il se produit entre eux des distinctions qui deviennent, jusqu'à un certain point, essentielles à leur existence. En un mot, après un grand nombre de générations successives, ces individus qui appartenaient originairement à une autre espèce, se trouvent à la

fin transformés en une espèce nouvelle et distincte de la première (1).

Ainsi, par exemple, que les graines d'une graminée, ou de toute autre plante naturelle à une prairie humide, soient accidentellement transportées, d'abord sur le penchant d'une colline voisine, où le sol, quoique plus élevé, sera encore assez frais pour permettre à la plante d'y vivre, et qu'ensuite, après avoir vécu dans cet endroit, et s'y être bien des fois régénérée, elle atteigne, de proche en proche, le sol sec et presque aride d'une côte montagneuse ; si la plante réussit à y subsister et s'y perpétue pendant une suite de générations, elle sera alors tellement changée, que les botanistes qui l'y rencontreront ne manqueront pas de la regarder comme une espèce particulière (2). Dans ce cas, un climat défavorable, une nourriture insuffisante, l'exposition à tous les vents, et diverses autres causes donneront lieu à une race dont les individus chétifs et rabougris, ayant certains de leurs organes plus développés que d'autres, offriront souvent des proportions tout à fait particulières.

Ce que la Nature fait avec beaucoup de temps, nous le faisons tous les jours, en changeant nous-mêmes subitement les circonstances dans lesquelles une espèce a été accoutumée de vivre. Tous les botanistes savent que les végétaux qui sont transportés de leur lieu natal dans les jardins pour y être cultivés, y subissent des changements qui les rendent à la fin méconnaissables. Beaucoup de plantes très-velues naturellement y deviennent glabres ou à peu près ; quantité de celles qui étaient couchées et traînantes, y redressent leur tige et se développent en hauteur ; d'autres y perdent leurs épines ou leurs aspérités ; d'autres encore, de l'état ligneux qui caractérisait leur tige dans les climats chauds où elles étaient indigènes, passent dans nos pays à l'état herbacé, et de vivaces

(1) *Phil. Zool.*, t. I, p. 60.
(2) *Ibid.*, p. 63.

plusieurs deviennent simplement annuelles. Ces effets des changements de circonstances sont tellements connus, que les botanistes n'aiment point à décrire les spécimens d'espèces provenant des jardins, à moins d'être assurés que ces plantes n'y ont été cultivées que fort peu de temps.

« Le froment cultivé (*triticum sativum*) », se demande Lamarck, « n'est-il pas un végétal amené par l'homme à l'état où nous le voyons actuellement? Qu'on me dise dans quel pays une plante semblable croît naturellement, c'est-à-dire sans y être la suite de sa culture dans quelque voisinage? Où trouve-t-on dans la Nature nos choux, nos laitues et nos autres végétaux culinaires, dans l'état où nous les possédons dans nos jardins potagers? N'en est-il pas de même à l'égard de quantité d'animaux que la domesticité a changés ou considérablement modifiés (1)? » Nos poules et nos pigeons domestiques ne ressemblent à aucun oiseau sauvage. Nos canards et nos oies domestiques ont perdu la faculté de s'élever dans les hautes régions de l'air, et de traverser en volant de vastes étendues de pays, comme les canards et les oies sauvages d'où ils ont tiré leur première origine. Qui ne sait que tel oiseau de nos climats que nous élevons dans une cage, ne peut plus, lorsqu'il est rendu à la liberté, voler comme ses semblables qui ont toujours été libres? Ce léger changement de circonstances opéré sur cet individu n'a fait, à la vérité, que diminuer sa faculté de voler, sans apporter une modification quelconque dans aucune partie de ses ailes. Mais si des individus de la même race avaient été tenus en captivité pendant un laps de temps considérable, il n'y a nul doute que la forme même des parties de ces individus n'eût peu à peu subi des changements notables, surtout si cette captivité eût été aussi accompagnée de conditions tout à fait différentes, relativement au climat, à la nourriture, etc.

(1) *Phil. Zool.* t. I, p. 227.

Les races nombreuses de chiens que nous avons produites par la domesticité ne se rencontrent nulle part à l'état sauvage. On chercherait en vain dans la nature ces dogues, ces lévriers, ces épagneuls, ces barbets, ces bichons, etc..., races qui offrent quelquefois entre elles de plus grandes différences que celles que nous admettons comme spécifiques entre des animaux d'un même genre qui vivent librement. « Pourtant toutes ces races proviennent d'un type premier et unique, alors fort voisin du loup, si ce n'est du loup lui-même, qui, à une époque quelconque, a été soumis par l'homme à la domesticité. »

Quoique des changements importants dans la nature des lieux d'habitation aient pour résultat de modifier l'organisation des animaux aussi bien que celle des végétaux, il faut pourtant reconnaitre, dit Lamarck, que les transformations d'une certaine importance sont plus lentes à s'opérer dans les premiers que dans les seconds, et par conséquent, sont pour nous moins sensibles et moins reconnaissables. Quant à la diversité des milieux dans lesquels les uns et les autres vivent, les circonstances les plus influentes pour modifier les organes des corps vivants sont : l'exposition, le climat, la nature du sol et plusieurs autres particularités locales. Ces circonstances sont aussi variées que les caractères des espèces, et comme ceux-ci, elles passent les unes aux autres par des nuances insensibles, l'intervalle qui sépare les deux points extrêmes de l'échelle se trouvant rempli par toutes les gradations imaginables. Mais dans chaque lieu les conditions restent longtemps les mêmes, et s'y modifient avec une lenteur si grande, que l'homme ne saurait avoir directement conscience de la réalité des changements. Il est obligé de consulter les monuments géologiques pour reconnaitre que, dans chacun de ces lieux, l'ordre de choses qu'il y trouve n'a pas toujours été le même, et pour sentir qu'il changera encore (1).

(1) *Phil. Zool.*, t. I, p. 232.

Tout changement un peu considérable dans les circonstances locales où existe chaque race d'animaux, opère en elle un changement réel dans leurs besoins, et ces nouveaux besoins excitent en eux de nouvelles actions et d'autres habitudes. Ces actions exigent de l'animal l'emploi plus fréquent de telle de ses parties dont auparavant il faisait moins d'usage, ce qui entraîne un plus grand développement pour cet organe mis ainsi plus souvent en exercice. D'autres organes, par suite d'un défaut constant d'usage, s'appauvrissent, deviennent grêles, et quelquefois même disparaissent complétement, tandis qu'à leur place d'autres parties se forment pour remplir de nouvelles fonctions (1).

Je dois ici interrompre l'argumentation de l'auteur pour faire observer qu'aucun fait positif n'est cité à l'appui du phénomène de la substitution de quelque sens, de quelque faculté, ou de quelque organe *entièrement nouveau*, à d'autres supprimés comme étant inutiles. Tous les exemples allégués à cette occasion tendent seulement à prouver que les dimensions et l'énergie des membres peuvent, ainsi que la perfection de certains attributs, se trouver, après une longue suite de générations, amoindries et affaiblies par suite d'un défaut d'usage, ou, au contraire, être accrues et fortifiées par un exercice fréquent. C'est ainsi précisément que le lévrier a l'odorat si faible, tandis que sa vitesse à la course est si extraordinaire et sa vue si perçante ; que certains chiens de chasse sont, au contraire, si lents dans leurs mouvements, mais que chez eux le sens de l'odorat est si développé.

Il était nécessaire d'indiquer au lecteur cette lacune importante dans la chaîne des preuves, parce qu'autrement il aurait pu supposer que je passais les exemples sous silence, uniquement en vue d'abréger, tandis que la vérité est qu'il n'y en avait point à citer : aussi, lorsque Lamarck parle

(1) *Phil. Zool.*, t. I, p. 234.

« des efforts du sentiment intérieur, de l'influence des fluides subtils et des actes de l'organisation, » comme de causes par suite desquelles les animaux et les plantes peuvent acquérir de *nouveaux organes*, il met des mots à la place des choses, et a recours à des fictions non moins idéales que la « vertu plastique » de quelques géologues du moyen âge.

Il est évident que si quelques exemples bien authentiques pouvaient être cités comme un pas fait dans la voie de la transformation des espèces, tel que l'apparition d'un sens ou d'un organe entièrement nouveau, dans des individus provenant d'une souche commune, et la disparition totale de quelque autre organe ou faculté dont les ancêtres de ces individus auraient été doués, le temps, à lui seul, pourrait alors être considéré comme suffisant pour produire quelque effet sensible de métamorphose. On voit donc, ne l'oublions pas, que ce point si essentiel à la théorie de la transformation a été gratuitement supposé par celui qui s'en faisait l'avocat.

Mais continuons à raisonner suivant le système de Lamarck. — Admettant comme un fait incontestable qu'un changement dans les circonstances extérieures puisse annihiler complétement un organe et en développer un nouveau, tel que n'en eut jamais auparavant l'espèce modifiée, il faut admettre la proposition suivante, qui, tout absurde qu'elle puisse paraître, n'est qu'une conséquence logique des prémisses posées. Ce ne sont pas les organes, c'est-à-dire la nature et la forme des parties du corps d'un animal, qui ont donné lieu à ses habitudes et à ses facultés particulières; mais ce sont, au contraire, ses habitudes, sa manière de vivre, et celles de ses ancêtres, qui ont, avec le temps, constitué la forme de son corps, le nombre et l'état de ces organes, enfin les facultés dont il jouit. Ainsi, par exemple, les loutres, les castors, les oiseaux aquatiques, les tortues et les grenouilles n'ont pas été formés avec des pieds palmés pour pouvoir nager; mais le besoin qui les attire dans l'eau pour y chercher la proie

dont ils vivent, a écarté les doigts de leurs pieds pour frapper l'eau et se mouvoir à sa surface. La peau qui unit ces doigts à leur base contracte, par ces écartements des doigts sans cesse répétés, l'habitude de s'étendre, et c'est ainsi, qu'avec le temps, les larges membranes qui unissent les extrémités inférieures de ces animaux sont devenues telles que nous les voyons.

De même, l'antilope et la gazelle ne furent pas créées avec des formes sveltes et agiles, afin d'échapper par la fuite à l'attaque des animaux carnassiers; mais, sans cesse exposées à devenir la proie des lions, des tigres et des autres bêtes féroces, elles ont été forcées par la nécessité de s'exercer à des courses rapides, et l'habitude qu'elles en ont conservée pendant un grand nombre de générations a donné lieu à l'agilité particulière de leurs membres, ainsi qu'à la sveltesse et à l'élégance de leurs formes.

La girafe ne fut pas dotée d'un cou long et flexible parce qu'elle était destinée à vivre dans l'intérieur de l'Afrique, où le sol est aride et sans herbage; mais réduite par la nature de cette contrée à se nourrir du feuillage des arbres, elle a si bien contracté l'habitude de s'étendre pour en atteindre les branches élevées, que son col s'est allongé à tel point, qu'elle peut dresser sa tête jusqu'à la hauteur de 6 mètres au-dessus du sol.

Vient ensuite un autre genre d'arguments, à l'appui du système de l'instabilité des espèces. Il faut, dit-on, pour que des individus puissent se perpétuer les mêmes par la génération, que les individus d'une même espèce ne s'allient jamais avec ceux d'une espèce différente; mais, les plantes et les animaux offrent des exemples de pareilles unions sexuelles, et quoique les fruits de ces accouplements irréguliers soient ordinairement stériles, il y a cependant des exceptions. Des hybrides se sont montrées quelquefois fécondes, lorsque la disparité entre les espèces n'était pas trop considérable; et ce

moyen seul, dit Lamarck, suffit pour créer, de proche en proche, des variétés qui deviennent ensuite des races, et qui, avec le temps, constituent ce que nous nommons des espèces (1).

Après avoir exposé les motifs qui lui font croire à la solidité de tous ces arguments, et des conséquences qui en découlent, Lamarck se demande quels furent les types primordiaux de forme, d'organisation et d'instinct, d'où émanèrent les diversités de caractères que présentent aujourd'hui les animaux et les plantes. Nous savons, dit-il, que les individus qui sont de simples variétés de la même espèce aboutiraient à une souche unique, si l'on pouvait remonter assez haut dans leur généalogie, de sorte que, d'après notre raisonnement de tout à l'heure, les espèces d'un genre, et même les genres d'une grande famille doivent avoir un point de départ commun. Mais alors, quelle serait donc la tige unique d'où tant de variétés de forme seraient sorties? Y a-t-il eu un grand nombre de ces tiges, ou bien doit-on, ainsi que les prêtres Égyptiens le faisaient à l'égard de l'univers, attribuer l'origine de toute la création animée à un seul œuf?

En l'absence de toutes données positives pour établir une théorie sur un sujet aussi obscur, les considérations suivantes ont semblé à Lamarck pouvoir servir de guide dans la voie des conjectures.

D'abord, si l'on examine, d'une extrémité à l'autre, toute la série des animaux connus, disposés dans l'ordre de leurs rapports naturels, on trouve que l'on peut passer progressivement, ou du moins avec très-peu d'interruption, des êtres les plus simples à ceux qui ont une structure plus compliquée; et qu'à mesure que la complexité de leur organisation augmente, le nombre et l'élévation de leurs facultés augmentent aussi. — Parmi les plantes, on remarque une sorte de gradation semblable. — D'autre part, il ressort des observations géologiques, que les animaux doués de l'organisation la plus

(1) *Phil. Zool.*, t. I, p. 64.

simple ont existé sur le globe avant ceux dont la structure était plus compliquée, et que ces derniers ont été formés successivement à des époques plus modernes, chaque race nouvelle se trouvant plus complétement développée que les races les plus parfaites de la période précédente.

Lamarck parait avoir été pleinement convaincu de la vérité de cette dernière théorie géologique, et se montre aussi profondément imbu de la croyance généralement répandue parmi les anciens naturalistes, savoir, que l'océan primitif avait couvert toute la terre longtemps après qu'elle fut devenue la demeure d'êtres vivants; et ce fut par suite de cette opinion qu'il soutint le principe de la priorité des types des animaux marins sur ceux des animaux terrestres, de manière à supposer, par exemple, que les testacés de l'océan existèrent d'abord; mais qu'ensuite, et par l'effet d'une évolution graduelle, quelques-uns d'entre eux se *perfectionnèrent* au point de devenir des animaux terrestres.

Ces idées hypothétiques avaient déjà été émises, en grande partie, par de Maillet, dans son *Telliamed*, et par plusieurs autres auteurs antérieurs à Lamarck, qui renversaient ainsi de fond en comble le système des philosophes de l'antiquité, dont uno des maximes était que les choses créées se trouvaient toujours plus parfaites en sortant des mains du créateur, et que les choses sublunaires tendaient à une détérioration progressive quand elles étaient abandonnées à elle-mêmes.

. . . . Omnia fatis
In pejus ruere, ac retro sublapsa roferri.

La croyance accordée à cette doctrine par les anciennes écoles de philosophie était si profondément enracinée, que, pour ébranler les idées de dégénérescence, il ne fallut rien moins que la réintervention de la Divinité; on pensait que l'ordre, l'excellence et l'énergie première du monde moral et physique avaient souvent été rétablis à l'aide d'un tel moyen.

Mais lorsqu'une fois on eut supposé que des modifications illimitées pouvaient avoir lieu parmi des individus provenant tous d'une souche commune, et qu'on eut admis, à l'égard du développement progressif de la vie organique, les conséquences résultant des données géologiques, il devint naturel de rejeter l'ancien dogme, ou plutôt d'en prendre le contre-pied, en admettant que les formes les plus simples et les facultés les plus imparfaites avaient été le lot des premiers êtres créés, et que ceux-ci servirent d'origine à tous les autres. Conformément à ces idées, on supposa que la matière inerte avait été douée de vie dans le principe; mais que, par la suite des temps, la sensation avait été ajoutée à la plus simple force vitale; que, plus tard encore, vinrent la vue, l'ouïe et les autres sens; puis, l'instinct et les facultés intellectuelles; et que, finalement, en vertu de la tendance des choses à un *perfectionnement progressif*, l'irrationnel avait fait place au rationnel.

Le lecteur, toutefois, comprendra aisément que lorsqu'on eut admis que tous les ordres les plus élevés parmi les plantes et les animaux étaient comparativement modernes, et qu'ils provenaient, par l'intermédiaire d'une longue suite de générations, d'autres plantes et d'autres animaux doués d'une organisation plus simple, une nouvelle hypothèse devenait indispensable pour expliquer comment, après un nombre de siècles si considérable, il y avait encore tant d'êtres conformés de la manière la plus simple; pourquoi la majorité des créatures vivantes se sont maintenues stationnaires pendant cette longue suite de périodes, tandis que d'autres ont fait des progrès si extraordinaires? Pourquoi il existe une telle multitude d'infusoires et de polypes, ou de conferves et d'autres plantes cryptogames? Pourquoi, enfin, l'acte du développement s'est produit avec une force si inégale et si irrégulière, dans les classes d'êtres les plus perfectionnés, que la série présente des interruptions con-

sidérables ? Ces lacunes sont telles que Lamark avoue, de bonne foi, qu'il lui paraît à craindre que des découvertes ultérieures ne puissent jamais les combler.

L'hypothèse suivante a été proposée pour répondre à ces objections. La Nature, dit-on, n'est ni une intelligence, ni la Divinité; c'est une puissance déléguée, — un simple instrument, — une pièce de mécanisme agissant par nécessité, — un ordre de choses constitué par l'Être Suprême et sujet à des lois qui sont l'expression de sa volonté. Cette Nature est *obligée* de procéder graduellement dans toutes ses opérations ; elle ne peut engendrer à la fois des animaux et des plantes de toutes les classes, mais elle doit toujours commencer par produire les espèces les plus simples, et partir de celles-ci pour arriver aux plus complexes, y ajoutant successivement divers systèmes d'organes, dont elle multiplie de plus en plus le nombre et l'activité.

Cette Nature travaille constamment à la formation des rudiments élémentaires de la vie animale et végétale, qui correspondent à ce que les anciens appelaient la *génération spontanée*. Chaque jour elle recommence l'œuvre de la création en formant des monades, ou « grossières ébauches, » qui sont les seules choses douées de vie auxquelles elle donne naissance *directement* (1).

Il y a des rudiments primitifs pour chaque plante et pour chaque animal en particulier, comme il y en a *probablement* aussi pour chacune des grandes divisions du règne animal et du règne végétal (2). Ces rudiments se développent graduellement, et arrivent à constituer les classes les plus élevées et les plus parfaites par l'action lente, mais incessante, de deux principes essentiels, savoir : la *tendance à l'avancement progressif* dans les phénomènes d'organisation, avec un plus haut degré d'instinct, d'intelligence, etc.; et *la force des cir-*

(1) *Phil. Zool.*, p 65 et 204.
(2) *Animaux sans vertèbres*, t. I, p. 56. Note. — Introduction

constances extérieures, c'est-à-dire des changements produits dans la condition physique de la terre, ou dans les relations mutuelles des plantes et des animaux. Car les espèces, en se répandant peu à peu sur le globe, sont parfois exposées à des changements de climat et à des alternatives diverses sous le rapport de la quantité et de la qualité de leur nourriture; elles rencontrent de nouveaux animaux et de nouvelles plantes qui accélèrent ou retardent leur développement, en pourvoyant à leur subsistance ou en détruisant leurs ennemis. La nature, aussi, de chaque localité, est changeante par elle-même; de sorte que les habitudes et l'organisation des espèces seraient modifiées par l'influence des révolutions locales, lors même que les rapports d'autres animaux et d'autres plantes resteraient invariables.

Or, si le premier de ces principes, *la tendance au développement progressif*, pouvait s'exercer avec une liberté complète, il donnerait naissance dans le cours des siècles, dit Lamarck, à une échelle d'êtres graduée conduisant, par les transitions les plus insensibles, de la structure la plus simple à la plus complexe, et du plus humble degré d'Intelligence au plus élevé. Mais, par suite de l'intervention continue des *causes extérieures* dont nous avons parlé, la régularité de cet ordre se trouve singulièrement troublée, et la création animée n'offre qu'une simple approximation d'un tel état de choses,— les progrès de quelques races étant retardés par le concours de conditions défavorables, et ceux de quelques autres étant au contraire accélérés par une combinaison de circonstances propices. Il en résulte que toutes sortes d'anomalies interrompent la continuité du plan, et que des lacunes, comprenant peut-être des familles ou des genres entiers, se rencontrent entre les points les plus rapprochés de la série.

Théorie de Lamarck relativement au passage de l'orang-outang à l'état d'homme. — Le système de Lamarck offre un mécanisme si compliqué que le lecteur aura peut-

être quelque peine à s'en faire une idée exacte, s'il ne lui est, pour ainsi dire, montré en mouvement, parce qu'alors il verra comment il fonctionne, sous la direction de l'auteur, pour produire tous les effets extraordinaires que l'on observe dans l'état actuel de la création animée. Sans m'arrêter à suivre l'auteur à travers toutes les évolutions à l'aide desquelles, après une suite incalculable de générations, un petit corps gélatineux se trouve transformé en chêne ou en singe, j'arriverai tout d'abord au dernier et important degré du plan progressif par suite duquel l'orang-outang, provenant originairement d'une monade, atteint, peu à peu, jusqu'aux attributs et à la dignité de l'homme.

Si une race quelconque de quadrumanes, surtout la plus perfectionnée d'entre elles, perdait, par la force des circonstances, l'habitude de grimper sur les arbres et d'en empoigner les branches avec les pieds, comme avec les mains, pour s'y accrocher, et si les individus de cette race, pendant une longue suite de générations, étaient forcés de ne se servir de leurs pieds que pour marcher, et cessaient d'employer leurs mains comme des pieds, il n'est pas douteux que ces quadrumanes ne fussent à la fin transformés en ***bimanes***, et que les pouces de leurs pieds ne cessassent d'être écartés des doigts, ces pieds ne leur servant plus qu'à marcher. En outre, ces animaux ayant pris l'habitude de se tenir debout, il est certain que leurs jambes et leurs pieds prendraient insensiblement une conformation propre à les tenir dans une attitude redressée, jusqu'à ce qu'enfin ils ne pussent plus marcher que péniblement sur les pieds et les mains à la fois.

L'orang d'Angola (*Simia Troglodytes*, Lin.) est le plus perfectionné des animaux; il l'est beaucoup plus que l'orang des Indes (*Simia Satyrus*), que l'on a nommé orang-outang, et néanmoins, sous le rapport de l'organisation, ils sont *l'un et l'autre fort inférieurs* à l'homme en facultés corporelles et intelligentes. Ces animaux se tiennent fréquemment debout;

mais comme leur organisation n'a pas *encore été* suffisamment modifiée pour leur permettre de se tenir habituellement dans cette attitude, il en résulte que la station est pour eux un état de gêne fort incommode. Quand l'orang des Indes est obligé de fuir devant un danger pressant, il retombe aussitôt sur ses quatre pattes, ce qui montre évidemment que telle était la position originelle de l'animal. Pour l'homme même, dont l'organisation a fait tant de progrès, dans le cours d'une longue suite de générations, l'attitude droite est un état fatigant, dans lequel il ne saurait se maintenir que pendant un temps borné, et à l'aide de la contraction de plusieurs de ses muscles. Si la colonne vertébrale du corps humain formait l'axe de ce corps, et soutenait la tête en équilibre, ainsi que les autres parties, l'homme debout pourrait s'y trouver dans un état de repos ; mais, comme la tête ne s'articule point à son centre de gravité, que la poitrine, le ventre et les viscères pèsent presque entièrement sur la partie antérieure de la colonne vertébrale, et que celle-ci repose sur une base oblique, il est nécessaire qu'une puissance active veille sans cesse à prévenir la chute du corps (1). Les enfants dont la tête est volumineuse, et le ventre proéminent, peuvent à peine marcher à la fin de leur deuxième année, et leurs chutes fréquentes montrent la tendance naturelle qu'a l'homme à reprendre l'état de quadrupède (2).

Or, quand les quadrumanes en question se furent perfectionnés au point d'avoir pris l'habitude de se tenir debout, d'embrasser par la vue une vaste étendue d'horizon, de ne plus user de leur mâchoire pour mordre, déchirer et couper l'herbe et s'en nourrir, il arriva nécessairement que leur angle facial devint insensiblement plus ouvert, que leur museau se raccourcit de plus en plus, et que leurs dents devinrent verticales.

Parmi les autres idées inhérentes à la tendance naturelle au

(1) *Phil. Zool.*, p. 353.
(2) *Ibid.*, p. 354.

progrès, celle de dominer s'éveilla chez ces individus, et cette race, devenue supérieure aux autres, dut par là même venir à bout de les maîtriser toutes et de s'emparer, à la surface du globe, de tous les points qui lui convenaient. Elle aura chassé les animaux qui se rapprochaient le plus d'elle par l'organisation et par l'intelligence, et qui se trouvaient en état de lui disputer les biens de la terre ; les tenant relégués dans les bois ou autres lieux déserts, elle aura mis obstacle à leur multiplication et arrêté les progrès du développement de leurs facultés ; tandis qu'elle-même, maîtresse de se répandre partout et d'y vivre par troupes nombreuses, se sera successivement créé des besoins nouveaux qui auront excité son industrie et perfectionné graduellement ses moyens et ses facultés.

La supériorité et l'accroissement d'intelligence acquis par la race dominante prouvent la tendance naturelle du monde organique à se perfectionner de plus en plus ; de même que ses efforts pour arrêter la marche progressive des autres races offrent l'exemple d'une des causes perturbatrices dont nous avons parlé précédemment, cette *force des circonstances extérieures* qui occasionne de si grandes lacunes dans la série régulière des êtres organisés.

Quand les individus de la race dominante furent devenus très-nombreux, ils durent pareillement multiplier leurs idées, et ressentir le besoin de les communiquer à leurs semblables. On conçoit qu'il en sera résulté pour eux la nécessité d'augmenter et de varier, dans la même proportion, les signes propres à la communication de ces idées. Pendant ce temps, les quadrumanes inférieurs, quoique vivant, la plupart, par troupes, n'acquièrent plus d'idées nouvelles et ne se forment plus de nouveaux besoins, étant pourchassés et inquiets dans les lieux déserts où ils sont obligés de fuir et de se cacher. Dans cette situation, les idées qui les occupent sont restées les mêmes, et il y en a très-peu qu'ils aient besoin de communiquer

aux autres individus de leur espèce. Il ne leur faut donc que très-peu de signes différents pour se faire entendre de leurs semblables; aussi quelques mouvements du corps ou de certaines de ses parties, quelques sifflements et quelques cris variés par de simples inflexions de voix leur suffisent.

Au contraire, les individus de la race dominante, animés du désir d'échanger leurs idées qui sont devenues de plus en plus nombreuses, auront été portés à multiplier leurs moyens de communication, et ne pouvant plus se contenter, ni des signes pantomimiques, ni de toutes les inflexions possibles de leur voix, seront parvenus, par des efforts soutenus, à former des sons articulés; d'abord ils n'en auront employé qu'un petit nombre, et, par la suite, il les auront multipliés, variés et perfectionnés, selon l'accroissement de leurs besoins. L'exercice habituel de leur gosier, de leur langue et de leurs lèvres, aura modifié insensiblement la conformation de ces organes, au point de les rendre appropriés à la faculté de parler (1).

Dans l'exécution de ces grands changements, « les besoins seuls des individus auront tout fait; ils auront fait naître les efforts; et les organes propres aux articulations des sons se seront développés par leur emploi habituel. » De là, pour cette race particulière, l'origine de l'admirable faculté de parler; et comme l'éloignement des lieux où se seront répandus les individus de cette race favorisa la corruption des signes convenus pour rendre chaque idée, de là l'origine des langues, qui se seront diversifiées partout (2).

En terminant, nous ferons observer que l'esquisse qui vient d'être tracée de la théorie de Lamarck n'est point une peinture exagérée, et que les passages qui ont probablement excité le plus de surprise dans l'esprit du lecteur ne sont qu'une reproduction fidèle de l'original.

(1) Lamarck, *Philos. Zool.*, t. I, p. 356.
(2) *Ibidem*, p. 357.

CHAPITRE XXXV.

SUR LES THÉORIES RELATIVES A LA NATURE DES ESPÈCES, ET SUR LA SÉLECTION NATURELLE DE DARWIN.

Objections opposées à la théorie de la variabilité des espèces et réponse de Lamarck à ces objections. — Momies d'animaux et graines de plantes trouvées dans des tombeaux égyptiens et offrant des caractères identiques à ceux des individus vivants. — Linné admet que les espèces sont restées les mêmes depuis la création. — Hypothèse de Brocchi relativement à la diminution graduelle de la force vitale dans une espèce. — En admettant que de nouvelles espèces aient été créées de temps à autre, leur apparition a-t-elle pu être constatée par les naturalistes ? — Geoffroy Saint-Hilaire et Lamarck sur les organes rudimentaires. — Comment est traitée la question des espèces dans l'ouvrage intitulé : *Vestiges de création*. — M. Alfred Wallace sur la loi qui a régl l'introduction de nouvelles espèces. — M. Darwin sur la sélection naturelle, et M. Wallace sur le même sujet. — Théorie de Darwin sur l'origine des espèces, et son influence sur l'opinion du monde savant. — Flore d'Australie par le docteur Hooker ; idées de cet auteur sur l'origine des espèces par variation.

Objections opposées à la théorie de la variabilité des espèces. — Réponse de Lamarck. — La théorie de la variabilité des espèces, qui vient d'être exposée dans le chapitre précédent, a trouvé quelque faveur auprès d'un grand nombre de naturalistes, par suite de leur empressement à écarter autant que possible toute idée relative à l'intervention répétée d'une Cause Première, chaque fois que quelque monument géologique atteste l'apparition successive de nouvelles races d'animaux et de plantes, et l'extinction des races préexistantes. Mais, indépendamment du désir d'expliquer, si cela est possible, une série de changements observés dans le monde organique par l'action régulière de causes secondaires, nous avons vu que réellement plusieurs difficultés embarrassantes se présentent à celui qui cherche à établir la constance et la réalité du caractère de l'espèce. Et, si une fois on reconnaît qu'il y a raisonnablement lieu d'avoir quelque doute, à l'égard de la constance des espèces, dès lors la somme de transformation qu'elles sont susceptibles d'éprouver pourra

se réduire à la simple question de la quantité de temps, assignée à la durée de l'existence passée ou future des êtres animés.

Les adversaires de Lamarck opposaient à ses arguments l'impossibilité où il se trouvait de citer un seul cas de la conversion graduelle d'une espèce animale ou végétale quelconque en une autre espèce; ils disaient, qu'en faisant appel aux résultats obtenus par les éleveurs et par les horticulteurs, il n'avait pu réussir à montrer dans la constitution et la structure des individus descendant d'une souche commune aucun changement assez marqué, pour qu'on pût justement considérer la nouvelle race comme une espèce distincte de l'ancienne. On accordait généralement, par exemple, que les modifications produites dans les différentes races de chiens dénotent, de la manière la plus frappante, l'influence de l'homme. Ces animaux ont été transportés dans tous les climats et placés dans toutes les circonstances possibles, « c'est surtout », fait observer M. Dureau de La Malle, « dans le chien, le compagnon, le gardien, le serviteur, et, pour ainsi dire, l'ami intime de l'homme, que la puissante influence d'un génie supérieur, non-seulement sur les formes, mais encore sur les mœurs et l'intelligence de l'animal, se manifeste d'une manière presque miraculeuse (1). » Différentes races ont subi des changements remarquables sous le rapport de l'épaisseur et de la couleur de leur pelage; les chiens de Guinée sont presque nus, tandis que ceux du cercle polaire arctique sont couverts d'une fourrure chaude, moitié poil et moitié laine, qui leur permet de supporter le froid le plus intense sans inconvénient. Ces animaux offrent encore des différences d'une autre nature, mais non moins remarquables; telles sont particulièrement celles que présentent la grosseur et la longueur de leur museau, et la convexité de leur front. Suivant Cuvier, la

(1) Dureau de La Malle, *Ann. des Sciences Nat.*, t. XXI, p. 53, sept. 1830.

différence de taille qu'on observe entre quelques races de chiens est, comme un à cinq, sous le rapport des dimensions linéaires, ce qui fait plus du centuple de la masse (1).

Mais, disent les partisans de l'invariabilité des espèces, toutes nos recherches restent vaines, si nous espérons trouver quelques-uns de ces changements essentiels qui seuls pourraient fournir une apparence de fondement à la théorie de Lamarck, relativement au développement de nouveaux organes et à l'oblitération graduelle de certains autres. Dans toutes les variétés du chien, ainsi que l'affirme Cuvier, les relations des os restent les mêmes, et jamais la forme des dents ne change d'une manière appréciable; tout au plus, y a-t-il quelques individus chez lesquels se développe parfois une fausse molaire de plus, soit d'un côté, soit de l'autre (2). Le plus grand écart d'un type commun, — et ceci constitue le maximum de variation connu jusqu'à ce jour dans le règne animal, — a été observé dans ces races de chiens qui ont un doigt de plus au pied de derrière avec les os du tarse correspondant, comme il y a, dans l'espèce humaine, quelques familles sexdigitaires (3).

On objectait en outre, et c'était de toutes les objections la plus sérieuse, que les diverses races de chiens, pour si différentes qu'elles fussent entre elles, pouvaient être facilement accouplées et donner des produits féconds, comme cela a lieu avec plusieurs oiseaux domestiques, tels que la poule commune, dont on a su obtenir un si grand nombre de variétés tranchées. Dans aucun cas, le produit métis ne s'était montré habituellement stérile, comme celui du croisement de l'âne et du cheval, ou mulet commun, dont les deux parents appartiennent incontestablement à deux espèces distinctes.

Alors que la controverse en était venue à ce point, et que

(1) Cuvier, *Discours préliminaire*, p. 128.
(2) *Ibid.*, p. 129, 6ᵉ édit.
(3) *Ibid.*

l'on discutait encore l'étendue de variation possible que pouvaient subir les animaux soumis à la domestication et les plantes cultivées, les partisans de Lamarck déploraient souvent le manque de descriptions exactes et de figures d'animaux et de plantes connus qui, transmises dès les temps les plus reculés de l'histoire, auraient pu fournir des données de comparaison entre les conditions respectives des mêmes espèces, à deux époques considérablement éloignées l'une de l'autre. Mais les adversaires de la transformation des espèces leur répondaient, que nous pouvons jusqu'à un certain point nous passer d'un pareil témoignage, les prêtres Égyptiens nous ayant légué, à cet égard, dans leurs cimetières, les informations que ne nous ont transmises ni les muséums, ni les ouvrages des philosophes Grecs ou Romains.

Il est fort heureusement arrivé que les hommes de science qui accompagnaient l'armée française pendant l'expédition d'Égypte, dont la durée fut de quatre ans (de 1797 à 1801), au lieu d'employer tout leur temps, comme la plupart des voyageurs l'avaient fait avant eux, à la recherche exclusive des momies humaines, examinèrent avec le plus grand soin, et envoyèrent en France un grand nombre de corps embaumés d'animaux sacrés, tels que le bœuf, le chien, le chat, le singe, l'ichneumon, le crocodile et l'ibis.

Ceux chez qui l'étude de l'Histoire Naturelle n'a fait naître d'autre sentiment que celui qu'excite naturellement tout objet curieux, ou qui ont consacré leur habileté à ce qu'exige la détermination des différences spécifiques, trouveront incroyable qu'à Paris, au commencement du siècle, au milieu du bruit des armes et du fiévreux entrainement des événements politiques, ces restes précieux aient pu faire éprouver un aussi vif enthousiasme. Dans le rapport officiel, présenté par les Professeurs du Muséum de Paris, sur la valeur de ces objets, on trouve plusieurs passages qui pourraient paraître extravagants, si l'on oubliait à quel point les rapporteurs

(Cuvier, Lacépède et Lamarck) devaient apprécier la portée des faits, ainsi révélés, sur l'histoire ancienne du globe.

« Il semble, » disaient-ils, « que la superstition des anciens Égyptiens ait été inspirée par la Nature, dans la vue de laisser un monument de son histoire. Ces hommes bizarres, en embaumant avec tant de soin les êtres bruts dont ils avaient fait les objets de leur stupide adoration, nous ont laissé, dans leurs grottes sacrées, des cabinets de zoologie presque complets. Le climat s'est joint à l'art des embaumements pour préserver ces corps de toute corruption, et nous pouvons nous assurer à présent par nos yeux de ce qu'étaient un grand nombre d'espèces il y a trois mille ans. On ne peut maîtriser les élans de son imagination, lorsqu'on voit encore conservé, avec ses moindres os, ses moindres poils, et parfaitement reconnaissable, tel animal qui avait, il y a deux ou trois mille ans, dans Thèbes ou dans Memphis, des prêtres et des autels (1). »

Parmi les momies égyptiennes que l'on put ainsi se procurer, non-seulement il y en avait qui appartenaient à des quadrupèdes sauvages, à des oiseaux et à des reptiles, mais ce qui, peut-être, était beaucoup plus important encore pour décider la grande question en débat, c'est que l'on en trouva de plusieurs animaux domestiques, tels que le bœuf, le chien et le chat. Or, telle était, suivant Cuvier, la conformité de toutes ces diverses espèces et races avec celles qui vivent aujourd'hui, que, respectivement, elles n'offraient pas plus de différence qu'on n'en observe entre les momies humaines et les corps humains que l'on embaume de nos jours. Cependant, quelques-uns de ces animaux ont, depuis cette époque, été transportés par l'homme dans presque tous les climats, et se sont vus forcés d'assujettir leurs habitudes à une grande diversité de circonstances, autant que le permettait leur

(1) *Ann. du Museum d'Hist. Nat.*, t. I, p. 234, 1802

nature. Le chat, par exemple, qui a été transporté par toute la terre, et qui, depuis les trois siècles derniers, est naturalisé dans toutes les parties du Nouveau Monde, depuis les froides régions du Canada jusqu'aux plaines tropicales de la Guyane, a subi à peine quelques légères modifications; on le retrouve tel encore que l'animal qui était réputé sacré chez les Égyptiens. Quant au bœuf, il comprend sans doute plusieurs races très-distinctes; mais le bœuf Apis, celui qui était conduit dans les processions solennelles par les prêtres Égyptiens, ne différait point des espèces actuelles.

Les témoignages que nous ont conservés les monuments Égyptiens ne se bornaient point au règne animal; les fruits, les graines et diverses autres parties de vingt plantes différentes étaient soigneusement conservés de la même manière. Delille a trouvé dans les tombeaux des rois des vases hermétiquement fermés, contenant du blé dont les grains conservaient non-seulement leur forme, mais aussi leur couleur; ce qui prouve l'efficacité de l'embaumement au moyen du bitume dans un climat sec et uniforme. Il était impossible de reconnaître la moindre différence entre ce blé et celui qui croît en Orient et ailleurs; et des comparaisons semblables, faites à l'égard de toutes les autres plantes, ont donné le même résultat.

En réponse aux arguments tirés de cette classe de faits, Lamarck prétendait que « les animaux et les plantes en question n'avaient point éprouvé de changements dans leurs caractères spécifiques, parce que le climat, le sol et les autres conditions de la vie n'avaient point varié dans cette contrée pendant les trente siècles derniers. Mais si, au contraire, ajoutait-il, la géographie physique, la température et les autres conditions naturelles de l'Egypte avaient subi des changements aussi considérables que ceux que nous savons s'être produits dans plusieurs contrées, dans le cours des périodes géologiques, il n'est pas douteux que les mêmes

animaux et les mêmes plantes auraient assez dévié de leur type primitif pour qu'on pût les considérer comme des espèces nouvelles et distinctes (1).

Cette réponse, quand on songe à la date où elle fut faite, (vers l'année 1809), est bien digne d'exciter notre étonnement, en ce qu'elle fait voir que, dans l'opinion de Lamarck, les changements géologiques s'opèrent avec tant de lenteur que le laps de trente ou quarante siècles est chose tout à fait insignifiante dans l'histoire d'une espèce. Presque tous les hommes de science de son temps, et même la majeure partie des géologues, professaient des idées excessivement étroites à l'égard de la durée de ces périodes dont ils étudiaient les archives. Ils étaient généralement portés à attribuer tous les grands changements survenus dans la croûte terrestre et dans ses habitants, à de courtes et violentes catastrophes, contre lesquelles Lamarck protestait avec la plus grande énergie (2). Cependant, ni lui, ni aucun de ses contemporains ne pouvaient encore se former une idée exacte du nombre et de l'étendue des révolutions survenues dans le monde animé, et avec lesquelles la paléontologie nous a familiarisés depuis lors. Dans certains passages de son ouvrage, Lamarck admet, comme chose possible, que le Paléothérium, l'Anoplothérium et quelques autres genres fossiles de quadrupèdes, trouvés à cette époque dans les couches tertiaires des environs de Paris, et que Cuvier venait tout récemment de décrire, aient pu disparaître, détruits, peut-être, par l'action de l'homme. Mais en ce qui concerne les animaux plus petits, et particulièrement ceux des tribus aquatiques, qui ne pouvaient avoir été victimes de l'intervention humaine, il se demande parfois si leurs représentants ne subsisteraient pas encore dans des régions inexplorées par les naturalistes. N'ignorant pas, toutefois, que les formes spéci-

(1) *Phil. Zool.*, p. 70-71.
(2) *Ibid.*, p. 80.

fiques et génériques des animaux et des plantes que l'on rencontre dans les roches, diffèrent d'autant plus des formes actuelles qu'elles ont une plus grande ancienneté, Lamarck exprime sa conviction que dans les cas où les animaux fossiles peuvent être identifiés avec les espèces vivantes, les couches qui les contiennent doivent être tout à fait récentes, car les descendants de ces types organisés n'ont eu le temps de varier que dans des limites excessivement restreintes (1).

C'est en faisant toujours intervenir le temps comme élément essentiel, même dans la définition d'une espèce, que l'enseignement de Lamarck différait de celui de Linné, de Blumenbach et de Cuvier.

Linné, sur les espèces. — Linné, dans un de ses traités, dit que les classes et les ordres sont des inventions de la science, mais que les espèces sont l'ouvrage de la nature (2). Dans un autre passage, il vient jusqu'à dire que les genres, de même que les espèces, sont des créations primordiales (3).

Il serait sans doute facile de trouver dans quelques-uns de ses essais spéculatifs des expressions indiquant que, dans la pensée de l'auteur, quelques espèces au moins ont été les filles du temps, *temporis filiæ* (4), et nous verrons dans le chapitre XXXVII que, lorsqu'un grand nombre d'espèces, étroitement alliées, existent dans une même région, il les soupçonne fort de descendre d'autres espèces, qui peuvent bien avoir été hybrides et avoir acquis un caractère de permanence tel qu'on doive les considérer comme des espèces distinctes. Mais son opinion définitive est exprimée dans l'aphorisme suivant : « Nous reconnaissons juste autant d'espèces qu'il a été créé, dans l'origine, de formes différentes (5). »

(1) *Phil. Zool.*, ch. III,. De l'espèce, p. 79.

(2) « *Classis et Ordo est sapientiæ, Species naturæ-opus.* »

(3) « *Genus omne est naturale, in primordio tale creatum,* » etc. (*Phil. Bot.*, § 159. Voy. aussi *ibid.* § 162.)

(4) *Flora Suecica*, ed. 2.266 et *Species Plantarum*, 770.

(5) *Species tot numeramus quot diversæ formæ in principio sunt creatæ.* (*Phil. Bot.*, 157.)

Blumenbach fait observer, « qu'aucune règle ne peut être donnée pour établir la détermination des espèces, en l'absence de caractères distinctifs, propres à servir de critérium ; aussi l'*analogie* et la *probabilité* doivent seules nous guider dans chaque cas qui se présente. »

Dans les premières éditions de cet ouvrage, de 1832 à 1835, je ne m'écartais pas de l'opinion de Linné, et admettais avec lui que chaque espèce est restée depuis son origine telle que nous la voyons aujourd'hui, n'étant variable que dans de certaines limites déterminées. Le mystère dans lequel se cachait l'origine de chaque espèce me semblait aussi impénétrable que celui dans lequel s'enveloppait le commencement de tous les phénomènes vitaux qui se produisent sur la terre. Cependant j'entrepris de montrer que l'extinction graduelle et successive des espèces faisait partie du cours régulier et constant de la nature, et que c'était là un phénomène de toutes les périodes géologiques, parce que le climat, la position de la terre et de la mer, et, en un mot, toutes les conditions principales du monde organique et inorganique subissent toujours des changements auxquels elles n'ont jamais cessé d'être soumises. Je fis voir comment la concurrence vitale parmi les espèces, ainsi que la multiplication et la propagation de quelques-unes d'entre elles, tend nécessairement à l'extermination de certaines autres ; et de ce que celles-ci disparaissent isolément et peu à peu de la scène du monde, j'en conclus que les nouvelles espèces devaient probablement y apparaître aussi d'une manière successive, car rien, dans les faits géologiques, ne confirme la doctrine favorite de certains théoriciens qui admettent l'introduction en masse, sur le globe, de grands assemblages de nouvelles formes, pour compenser la perte de celles qui ont subitement disparu.

Brocchi, sur l'extinction des espèces. — Un géologue Italien, Brocchi, dans son remarquable ouvrage, publié en 1844, sur les coquilles fossiles des Collines Subapennines,

s'efforça d'imaginer quelque loi régulière et constante, capable de déterminer la destruction successive et graduelle des espèces. Suivant lui, la mort d'une espèce pourrait, comme celle des individus, dépendre de certaines particularités de constitution qu'ils apportent en naissant, et de même que la longévité de ceux-ci tient à une certaine force de vitalité, qui, après un temps donné, s'affaiblit de plus en plus, de même la durée des espèces peut être subordonnée à la quantité de puissance de reproduction dont elles sont douées, et qui, après un certain temps, doit aussi diminuer d'énergie; de sorte que la fécondité et la multiplication des individus peuvent décroître graduellement de siècle en siècle, « jusqu'au terme fatal où l'embryon, incapable de s'étendre et de se développer, abandonne, presque au moment de sa formation, le faible principe de vie qui l'animait à peine et avec lequel tout meurt avec lui (1). » Contrairement à cette opinion, je soutins qu'il n'y a pas lieu de supposer que les derniers individus d'une espèce, dont le nombre va décroissant, soient affectés de détériorations physiologiques, ou qu'ils aient perdu, au moindre degré, leurs facultés fécondantes; car il existe dans le monde organique et inorganique des causes connues qui entraînent nécessairement, dans le cours des siècles, l'annihilation des espèces, pour si intense que se soit conservée leur puissance de reproduction. De ce que la mort des derniers représentants d'une espèce survient brusquement, j'aurais volontiers conclu que la naissance des formes nouvelles devait se produire de la même manière, mais, la foi entière que j'ai dans la doctrine suivant laquelle tout ce qui se passe actuellement dans la nature n'est, en réalité, qu'une indication de ce qui a été et de ce qui sera, me forçait d'admettre que l'introduction sur le globe de nouvelles espèces doit avoir lieu à peu près dans la même

(1) Brocchi, *Conch. Foss. Subap.*, t. I, 1814.

proportion que l'extinction des anciennes. Ce sont ces motifs qui m'engagèrent à expliquer comment il se fait que de nouvelles espèces soient toujours en voie de naître, sans que les botanistes et les zoologistes se doutent, en aucune facon, de l'arrivée de ces événements qui sont si merveilleux et si dignes de tout leur intérêt.

Difficulté d'établir la première apparition d'une espèce nouvelle. — Admettant que des espèces ont été spécialement créées de temps à autre pour combler les lacunes qu'occasionnent nécessairement les changements incessants du monde animé et inanimé, je cherchai sur quel genre de preuves on pourrait se baser, relativement à l'origine des nouvelles formes de plantes et d'animaux qui ont fait leur apparition dans le cours des vingt ou trente siècles derniers. N'aurait-on pas dû avoir connaissance de ce fait, comme on l'a aujourd'hui de la décroissance numérique et de l'extinction fortuite de certaines espèces? Je fis remarquer à cet égard qu'il était évidemment plus facile de prouver l'extinction d'une espèce, comptant jadis de nombreux représentants dans un district donné, que de démontrer l'apparition d'une autre espèce qui n'a jamais existé auparavant, en supposant toujours qu'un seul couple de chaque animal et de chaque plante ait été créé à l'origine, et que les individus des nouvelles espèces ne se montrent pas subitement dans plusieurs endroits à la fois. Linné avait déjà examiné cette dernière hypothèse, et l'avait déclarée irrationnelle, comme étant tout à fait inutile; car, observait-il, tout animal ou toute plante, en les prenant même parmi les espèces qui se développent le plus lentement, est capable, après vingt ou trente générations, de peupler de ses descendants une grande partie de la surface entière du globe.

La science qui a pour objet l'étude de l'Histoire Naturelle est restée si imparfaite jusqu'à nos jours, que, de mémoire de témoins encore vivants, le nombre des plantes et des animaux

connus a doublé, ou même quadruplé, dans plusieurs classes. Des espèces nouvelles, souvent fort remarquables, étant chaque année découvertes dans des parties de l'ancien continent depuis longtemps habitées par les peuples les plus civilisés, nous ne pouvons nous dissimuler à quel point nos connaissances sont bornées et nous en concluons toujours, que les espèces nouvellement découvertes ont jusqu'alors échappé à nos recherches, ou, tout au moins, qu'elles existaient ailleurs, et qu'elles ont émigré depuis peu dans les lieux où nous les trouvons aujourd'hui. Il est difficile de prévoir le temps où il nous sera possible de faire quelque autre hypothèse à l'égard de toutes les tribus marines, et de la plupart des espèces terrestres; — telles que les oiseaux, les insectes, un grand nombre de plantes, celles surtout de la classe des cryptogames, dont plusieurs sont douées d'une telle faculté de diffusion qu'on pourrait presque les ranger parmi les espèces cosmopolites.

A cela peut-être répondra-t-on que si de nouvelles espèces ont été subitement appelées à l'existence par un acte spécial de la force créatrice, on aurait dû voir apparaître tout d'un coup, dans le cours des dix ou vingt derniers siècles, quelque arbre de nos forêts, ou quelque nouveau quadrupède, dans les parties les plus peuplées de France ou d'Angleterre; et que dans ce cas les naturalistes eussent été en mesure de prouver qu'aucune autre forme semblable n'avait jamais existé auparavant dans le district en question.

Or, quelque plausible que puisse sembler cette objection, elle ne repose que sur la marche progressive que nous supposons prévaloir dans le monde animé, et sur la proportion qui existe entre les sujets les plus remarquables du règne animal et du règne végétal, et ceux qui, moins connus, échappent à notre observation. Peut-être existe-t-il aujourd'hui sur le globe terrestre plus d'un million d'espèces de plantes et d'animaux, sans compter les animalcules microscopiques et

les infusoires. Le nombre des plantes terrestres peut s'élever, a dit de Candolle, en 1820, de 110,000 à 120,000 (1). M. Lindley pense qu'on ne peut compter plus de 80,000 phanérogames et 10,000 cryptogames. « Si nous évaluons, » dit-il dans une lettre qu'il m'adressa à ce sujet en 1836, « à 37,000 le nombre des espèces phanérogames publiées, et si nous portons les espèces non encore découvertes de l'Asie et de la Nouvelle-Hollande à 15,000, celles de l'Afrique à 10,000, et à 18,000 celles de l'Amérique, nous en aurons ainsi 80,000. D'un autre côté, si, aux 7,000 plantes cryptogames connues, on en ajoute 3,000 pour les espèces qui restent à découvrir, on aura en tout 90,000 espèces.

En 1859, le docteur Hooker, dans ses commentaires sur la variabilité des espèces et sur les limites indéfinissables qui séparent ces espèces les unes des autres, observait que, pour certains botanistes, le nombre des espèces connues de plantes florifères était au-dessous de 80,000, et que pour d'autres il s'élevait au delà de 150,000 (2).

Linné supposait qu'il existe quatre ou cinq espèces d'insectes pour chaque plante phanérogame ; mais, si nous en jugeons par la proportion relative de ces deux classes dans la Grande-Bretagne, le nombre des insectes doit être beaucoup plus grand, car, « suivant le relevé, » fait en 1833, le chiffre total des insectes observés dans les Iles Britanniques est d'environ 12,500 (3).

A l'époque où Temminck écrivait, le nombre des mammifères surpassait 800, et, suivant M. Waterhouse, on en avait observé plus de 12,000 en 1850 (4). Le baron Cuvier estimait à 6,000 le chiffre des poissons connus de son temps. M. Gunther m'informe que le nombre des espèces dont se composait

(1) *Géog. des Plantes. Dict. des Sciences Nat.*

(2) *Flora of Tasmania*, vol. I, p. 3, 1859.

(3) Voir le catalogue des *Insectes des Iles Britanniques*, par John Curtis, Esq.

(4) M. G. Gray a compté dans ses genres d'oiseaux (1834) 8,000 espèces, et le Prince Charles Bonaparte 8,300 (1854).

déjà en 1865 la collection du British Museum était bien supérieur à celui de Cuvier, et que les ichthyologistes connaissaient environ 9,000 espèces, même avant qu'Agassiz eût visité, en 1866, l'Amérique du Sud, où il découvrit, dit-on, au moins 1,000 espèces nouvelles. A ces divers nombres, il reste encore à ajouter celui des reptiles, et de tous les invertébrés, à l'exclusion des insectes.

Quant à la proportion des espèces aquatiques par rapport à celles qui habitent la terre ferme, on ne peut, en quelque sorte, l'évaluer que conjecturalement; mais la partie habitable qui se trouve au-dessous de la surface des eaux ne peut guère être estimée à moins du double de celle qui constitue les continents et les îles, même en supposant qu'un espace très-considérable soit dépourvu de tout être vivant, par suite de la grande profondeur, du froid, de l'obscurité et de diverses autres circonstances. L'océan fourmille de vie, — la classe des *Polypiers* (*Cœlenterata*) est considérée par Lamarck comme renfermant à elle seule un aussi grand nombre d'individus que celle des insectes. Tous les récifs des tropiques sont, dit-on, couverts de coraux, d'éponges, de crustacés, d'oursins de mer et de mollusques; et il n'est, pour ainsi dire, pas un seul rocher baigné par la marée qui ne soit tapissé de fucus, et qui ne porte des Actinies, des Corallines (*Bryozoaires*) et des Testacés. Il s'y trouve aussi des quantités innombrables d'animaux parasites, dont trois ou quatre sont quelquefois affectés à un seul genre, au genre *Balæna*, par exemple.

Lors des voyages d'exploration dans les régions arctiques et antarctiques, on a trouvé que des animaux marins, tels que des crustacés, des mollusques, des serpules, des asteries et des éponges, associés avec des plantes de la structure la plus simple (*Diatomacées*), habitent à des profondeurs variant de 600 à 2,700 mètres, et quelquefois au fond de la mer, où la température était inférieure à celle du point de congélation de l'eau. Ainsi, même en admettant que les limites géographi-

ques des espèces marines sont, en général, plus étendues que celles des espèces terrestres, — la température de la mer étant plus uniforme, et les continents opposant moins d'obstacles aux migrations des tribus océaniques que les mers n'en présentent à celles des animaux terrestres, — il parait encore probable que le nombre des tribus aquatiques excède de beaucoup celui des espèces qui habitent la terre ferme.

Sans insister sur ce point, on peut dire en toute assurance, qu'abstraction faite des êtres microscopiques, il existe aujourd'hui d'un à deux millions d'espèces à la surface du globe terrestre; d'où il suit qu'en admettant qu'une seule espèce s'éteigne chaque année, et qu'une nouvelle la remplace aussi annuellement, il faudrait plus d'un million d'années pour qu'une révolution complète s'accomplit dans la vie organique.

Je n'ai jamais hasardé aucune hypothèse précise sur le taux probable de ces changements; mais personne ne disconviendra que la supposition de la *naissance* et de la *mort* d'une espèce par année n'implique pas une faible instabilité dans la création animée. Si nous divisions la surface de la terre en vingt régions d'égale étendue, l'une d'elles pourrait comprendre, tant en terre qu'en eau, un espace à peu près égal à celui qu'occupe l'Europe, et contenir la vingtième partie du million d'espèces que l'on suppose exister dans le règne animal. D'après la proportion de mortalité que nous admettions tout à l'heure, il périrait, dans cette région, une espèce seulement tous les vingt ans, ou cinq sur cinquante mille par siècle. Mais comme un très-grand nombre de ces espèces appartiennent aux classes aquatiques, que nous ne connaissons que très-imparfaitement, nous ne devons point les faire entrer dans cette estimation ; si elles forment la moitié du nombre total des espèces, une seule, parmi celles qui font partie des tribus terrestres, serait alors perdue dans l'espace de

quarante années. Or, les mammifères, soit terrestres, soit aquatiques, sont en si petite proportion relativement aux autres classes d'animaux dont ils forment peut-être à peine la millième partie, que si la longévité des espèces était la même dans les différents ordres du règne animal, il s'écoulerait un laps de temps énorme avant que cette classe remarquable perdît à son tour une de ses espèces. Si, sur la totalité du règne animal, une seule espèce disparaissait dans le cours de quarante années, il faudrait une période de 40,000 ans pour que, dans une région aussi étendue que l'Europe, une seule espèce de mammifères pût s'éteindre.

On voit donc que sur une petite partie d'une telle région, dans des contrées, par exemple, dont l'étendue ne dépasserait pas celle de la France ou de l'Angleterre, il devrait s'écouler beaucoup plus de temps avant que l'on pût constater d'une manière authentique la première apparition d'une des grandes espèces de plantes ou d'animaux, en admettant la naissance et la mort d'une espèce par année comme le taux de changement qui s'opère dans le monde organique sur toute l'étendue du globe. Il suivrait de ces considérations que si Lamarck avait le droit de plaider l'insuffisance de temps, lorsqu'on le mettait en demeure de citer un seul cas de transformation, les partisans d'une création spéciale avaient également raison de dire que, si l'introduction de nouvelles espèces se produit aussi lentement que l'extinction des anciennes, on ne pouvait s'attendre à ce qu'ils signalassent la première apparition d'un animal nouveau ou d'une plante nouvelle.

Geoffroy Saint-Hilaire et Lamarck, sur les organes rudimentaires. — La majeure partie des naturalistes et des géologues les plus distingués qui succédèrent à Lamarck se contentèrent de croire, avec Humboldt, que l'origine des espèces est un de ces mystères qu'il n'est pas donné à la science naturelle de pénétrer. Cependant, Omalius d'Halloy, dans ses *Eléments de géologie*, publiés en 1831, et dans les six éditions

suivantes, enseigna que les espèces d'animaux actuellement vivants étaient les descendants de progéniteurs qui avaient laissé leurs restes fossiles dans les formations Tertiaires récentes. En 1867, je demandai à ce savant, qui était alors dans sa 84e année, par suite de quels faits et de quels raisonnements il avait été conduit à embrasser cette manière de voir ; il me répondit qu'il devait ses convictions, à ce sujet, aux leçons de Geoffroy Saint-Hilaire qu'il avait suivies, à Paris, dans la première partie de ce siècle. Ce grand zoologiste, me dit-il, ne manquait jamais l'occasion, quand il parlait des organes rudimentaires trouvés dans un si grand nombre d'animaux, de faire ressortir toute leur importance relativement à la théorie de la transformation des espèces. Suivant lui, ils étaient évidemment les restes de parties jadis en exercice chez quelque ancêtre reculé et n'avaient été réduits en dimension que par le défaut d'usage ; il repoussait, comme puérile, l'idée que des organes inutiles eussent été créés en vue de l'uniformité du plan de la Nature.

Je ferai remarquer ici que dans la courte esquisse de la théorie de Lamarck qui parut d'abord en 1832, et que, pour des motifs expliqués dans le précédent chapitre (p. 316, note), j'ai réimprimée dans cet ouvrage sans changement ni addition, j'ai omis, à propos de ce que dit cet auteur sur l'appauvrissement et la disparition finale des organes par le défaut d'usage, de citer plusieurs exemples qu'il donne dans la *Philosophie Zoologique* à l'appui de ce principe. Entre autres faits, il mentionne les dents avortées que recèlent les mâchoires de certains mammifères, et qui restent cachées, faute de besoin, parce que ces animaux avalent la nourriture sans la mâcher. Il fait aussi allusion à la découverte de dents, faite par M. Geoffroy Saint-Hilaire dans le fœtus d'une baleine, ainsi qu'à l'exiguïté des yeux de la taupe qui ne fait presque aucun usage de ses organes visuels ; il parle enfin du reptile aquatique appelé *Proteus anguinus*, qui vit dans les eaux sombres des cavernes

souterraines, et qui ne possède que des traces ou rudiments d'yeux (1).

De la façon dont est traitée la question des espèces dans l'ouvrage intitulé : « Vestiges de création. » — On peut dire, généralement parlant, que tous les professeurs les plus influents de géologie, de paléontologie, de zoologie et de botanique continuèrent, jusque vers le milieu de ce siècle, de n'admettre que la création indépendante et l'invariabilité des espèces, ou d'éviter avec le plus grand soin d'exprimer une opinion quelconque sur cet important sujet. C'est en 1844 que le calme fut rompu, en Angleterre, par l'apparition d'un ouvrage intitulé : *les Vestiges de création*, dans lequel l'auteur anonyme avait habilement réuni et exposait avec beaucoup de clarté au public tous les faits nouveaux, en faveur de la transformation des espèces et de leur développement progressif, qui, depuis l'époque de Lamarck, avaient été mis au jour par la géologie et par les sciences naturelles. Il s'autorisait des généralisations des paléontologistes sur les changements observables dans la faune et la flore fossiles des époques successives du passé, pour montrer que, dans les strates disposées suivant l'ordre chronologique, les fossiles possédaient une affinité de structure d'autant plus grande qu'ils se trouvaient plus rapprochés les uns des autres dans leur position, et que le monde animé, se transformant d'une période à une autre, était graduellement parvenu à l'état de choses, tel qu'il est aujourd'hui représenté par la création vivante.

L'auteur regardait les découvertes de Tiedemann et de plusieurs autres anatomistes comme étant en parfaite harmonie avec la doctrine de la transformation des espèces. Un mammifère à l'état de fœtus représentait successivement, dans ses diverses phases de développement, les formes d'un poisson,

(1) *Phil. Zool.*, t. I, p. 240, où sont donnés plusieurs autres exemples.

d'un reptile, d'un oiseau, avant d'acquérir les caractères propres à la classe la plus élevée des animaux vertébrés. Il prétendait aussi que ces métamorphoses étaient comparables aux créations additionnelles qui, dans un ordre chronologique analogue, ont modifié le monde organique des temps passés, ainsi que le témoignent les débris fossiles conservés dans le sein des roches. Ils reproduisait, en exagérant leur valeur, les arguments que Lamarck et d'autres auteurs avaient tiré des organes rudimentaires en faveur de leurs idées. Il déclarait que l'unité de plan démontrée par l'ensemble de la création, tant fossile que récente, et les affinités mutuelles observées dans toutes les classes différentes du règne animal et du règne végétal, s'accordaient parfaitement avec l'idée que les formes nouvelles procédaient, par génération, de formes plus anciennes, les espèces ayant été graduellement modifiées par l'influence des conditions extérieures.

Lamarck avait rendu son hypothèse tout à fait complète en adoptant, sans aucun changement essentiel, les idées d'Aristote relatives à la génération spontanée. Il supposait que la nature produit incessamment des rudiments élémentaires ou germes de vie; ce qui expliquait l'abondance actuelle des espèces appartenant aux degrés les plus inférieurs de l'existence animale et végétale, malgré que, dans le cours des siècles, la création organique eût constamment progressé vers un état plus parfait. Dans son ardeur à découvrir la preuve réelle, qu'il n'avait pas, de l'exécution de cette partie du plan de la nature, l'auteur des *Vestiges* montrait un manque extraordinaire de sens philosophique; car il citait des expériences à l'aide desquelles il prétendait prouver que l'action d'une pile voltaïque sur une solution de potasse pouvait donner naissance à de nouvelles espèces d'insectes. La légèreté avec laquelle avaient été faites ces expériences contrastait d'une manière frappante avec la prudence extrême de ceux qui cherchaient à vérifier la valeur de l'aphorisme de l'illustre Harvey, formulé

en ces termes : « Toute chose vient d'un œuf. » Tous les progrès obtenus dans la puissance du microscope avaient eu pour résultat de réfuter la théorie de la génération-spontanée, ou de forcer du moins les partisans de l'ancienne doctrine à se réfugier dans la région des infiniment petits. D'un autre côté, on se défiait beaucoup des jugements énoncés dans cet ouvrage, parce qu'on en soupçonnait fortement l'auteur de n'avoir étudié pratiquement aucune des branches des sciences naturelles. Toutefois, tout point faible de ce traité fut sévèrement attaqué par d'impitoyables critiques, qu'irritait la popularité dont il jouissait, bien que l'auteur admît, conformément à la doctrine de Lamarck, que non-seulement l'homme est le dernier anneau d'une longue chaine de développements progressifs, mais qu'il se trouve allié par descendance avec les animaux inférieurs.

Wallace, sur les espèces. — Après la tentative dont nous venons de parler, ayant pour but de déterminer le mode d'origine des nouvelles espèces, la plus importante fut faite, en 1855, par M. Alfred Wallace, qui publia, dans les *Annales d'Histoire Naturelle* (1), un essai intitulé : « Sur les lois qui ont régi l'introduction des nouvelles espèces. » L'auteur avait d'abord exploré pendant quatre ans, conjointement avec M. H. W. Bates, la vallée du fleuve des Amazones et les parties de l'Amérique méridionale voisines de l'équateur, leur expédition ayant été formellement entreprise dans le but de recueillir des faits « pour résoudre le problème de l'origine des espèces (2). » M. Wallace avait ensuite consacré plusieurs années à l'étude de la zoologie de l'Archipel Malais, fixant principalement son attention sur les oiseaux et les insectes; et le résultat de son expérience, complété par les renseignements nombreux des géologues, avait été résumé dans la proposition suivante, à savoir : « que toute espèce, à sa naissance,

(1) 2e série, vol. XVI.
(2) Préface de l'ouvrage de Bates, intitulée *Naturalist on the River Amazon's.*

coïncide pour le temps et pour le lieu avec une autre espèce préexistante et proche alliée (1). » M. Darwin (2), citant plus tard ce passage dans son *Origine des espèces*, constate qu'il a su depuis, par une lettre de M. Wallace, que la cause à laquelle il attribue cette coïncidence n'est autre que « la génération avec modification, » ou qu'il admet, en d'autres termes, « que l'anti-type proche allié » a été la souche mère d'où les nouvelles formes ont procédé par variation. Tous les meilleurs arguments de Lamarck, tous ceux que l'auteur des *Vestiges* avait en outre puisés à différentes sources, pour prouver que les espèces étaient plutôt le résultat de modifications indéfinies que d'une création spéciale, avaient été parfaitement résumés par M. Wallace ; mais il était évident que les preuves qui avaient le plus fortement influencé son esprit, étaient celles qu'il avait personnellement acquises relativement à la distribution géographique des espèces, et spécialement de celles des oiseaux et des insectes.

Au point de vue géographique, faisait-il remarquer, on rencontre rarement un genre ou une espèce dans deux localités très-éloignées l'une de l'autre, sans la trouver aussi dans l'espèce intermédiaire ; de même, en géologie, la vie d'un genre ou d'une espèce n'est pas interrompue, car aucune espèce n'est jamais venue deux fois à l'existence, ou n'a jamais été renouvelée après avoir été une fois détruite.

Quant à la manière dont s'est accomplie et s'opère encore aujourd'hui l'extinction graduelle des espèces, M. Wallace renvoyait au chapitre que j'ai consacré à ce sujet dans mes *Principes de géologie*, » et ne faisait porter ses spéculations que sur le mode suivant lequel de nouvelles formes étaient introduites, de temps à autre, pour remplacer celles qui étaient perdues.

(1) *Annals of Nat. Hist.*, série 2, vol. XVI, p. 186.
(2) 1re édition, p. 355. — 2e édit. (traduction française), p. 430

Darwin, sur la sélection naturelle et sur l'origine des espèces. — En même temps, M. Charles Darwin, bien connu par son *Voyage sur le Beagle* et par divers ouvrages de géologie, s'occupait activement, depuis plusieurs années, de recueillir des matériaux pour un grand ouvrage sur l'origine des espèces, après avoir fait, dans ce but, un grand nombre d'observations originales et d'expériences sur les animaux domestiques et sur les plantes soumises à la culture, et avoir profondément réfléchi sur les problèmes de géologie et de biologie qui lui paraissaient de nature à jeter le plus de lumière sur cette question. Pendant dix-huit ans, ses recherches aboutirent toutes à la même conclusion, à savoir : que les espèces actuellement vivantes dérivent, par voie de variation et de génération, de celles qui ont préexisté, et que celles-ci, à leur tour, procèdent d'espèces encore plus anciennes. Dès l'année 1844, le docteur Hooker avait déjà lu plusieurs volumes manuscrits de M. Darwin sur ce sujet, et si personne ne se fût occupé de résoudre le même problème, la masse toujours grossissante des faits et des observations qui s'y rapportent serait restée, on ne saurait dire combien de temps encore, ignorée du public. Heureusement, enfin, M. Darwin reçut de M. Wallace, résidant alors à Ternate, dans l'Archipel Malais, une communication datée de février 1858 et ayant pour titre : *Sur la tendance des variétés à s'éloigner indéfiniment du type originel.*

L'auteur pria M. Darwin de me communiquer cet essai, s'il le trouvait suffisamment intéressant et nouveau. Il me fut apporté par le docteur Hooker, qui me fit remarquer combien les nouvelles idées de M. Wallace coïncidaient complétement avec celles que renfermait un des chapitres de l'ouvrage inédit de M. Darwin. Cette circonstance nous imposait le devoir de ne livrer l'essai de M. Wallace à l'impression qu'en le faisant suivre du mémoire antérieur sur le même sujet. Aussi, bien que M. Darwin eût manifesté l'intention de réclamer son

droit de priorité, les deux manuscrits furent lus dans la même soirée à la *Linnæan Society*, qui les publia dans ses procès-verbaux de 1858. Le titre du chapitre extrait du manuscrit de M. Darwin était conçu en ces termes : *De la tendance des espèces à former des variétés, et de la perpétuation des espèces et des variétés par les moyens de sélection naturelle.*

Déjà, l'année précédente, au mois de septembre 1857, M. Darwin avait envoyé au professeur Asa Gray, l'illustre botaniste américain, une courte analyse de son traité, en voie de publication, sur le système qu'il désignait dès lors sous le nom de *Sélection naturelle.* Cette lettre, également imprimée par la *Linnæan Society*, avec les fragments dont nous venons de parler, contenait une esquisse des principaux traits de sa théorie de sélection telle qu'il l'a développée depuis, montrant comment de nouvelles races sont formées par les éleveurs, et comment des résultats analogues peuvent et doivent se produire naturellement, sous d'autres conditions, dans le monde animé et inanimé. Il faisait allusion, dans la même lettre, à la loi de développement de l'espèce humaine, énoncée pour la première fois par Malthus, c'est-à-dire à la tendance qu'a cette espèce à s'accroître suivant une progression géométrique, tandis que ses moyens de subsistance ne peuvent être augmentés dans le même rapport. Il rappelait que, dans certaines contrées, la population avait doublé en nombre dans l'espace de vingt-cinq ans, et se serait multipliée bien plus vite si les subsistances eussent pu devenir plus abondantes. De même, chaque être organisé, animal ou plante, est capable de s'accroître avec tant de rapidité, qu'il occuperait bientôt, si d'autres espèces n'y mettaient obstacle, la plus grande partie du globe habitable ; mais, dans la lutte générale pour l'existence, ce n'est que le petit nombre de ceux qui sont venus au monde qui trouve le moyen de subsister et d'atteindre la maturité. Dans toutes les espèces, ceux-là seuls survivent qui jouissent de quelque avantage sur les autres ; et cet avan-

tage est souvent déterminé par une légère particularité qui, dans une rude compétition, suffit pour faire tourner la chance en leur faveur. Malgré la ressemblance que montrent entre eux et avec leurs parents tous les individus d'une même famille, on n'en trouve pas deux qui soient exactement semblables. Un éleveur choisit, parmi les variétés dont il dispose, celles qui lui paraissent le plus convenables au but proposé ; et par l'élevage, la divergence de la souche mère s'accusera de plus en plus, à chaque génération successive, chez les individus qui possèdent au plus haut degré les caractères recherchés. Ce serait ainsi, d'après M. Darwin, que, par suite des changements lents que subissent, dans le cours des périodes géologiques, les conditions dominantes du monde organique et inorganique, de nouvelles races mieux adaptées à l'état modifié des choses doivent se former naturellement, et supplanter souvent le type originel.

Bien que cette loi de sélection naturelle ne constituât qu'un des arguments sur lesquels s'appuyait M. Darwin pour établir ses idées relatives à l'origine des espèces par variation, elle formait pourtant une partie si originale et si saillante de sa théorie, que le fait de voir M. Wallace arriver aussi, de son côté, au même principe, en l'illustrant par des exemples tout à fait analogues, me paraît une coïncidence fort remarquable et qui fait naître en même temps une forte présomption en faveur de la vérité de la doctrine. Les deux auteurs faisaient allusion au nombre d'oiseaux qui périssent annuellement. « Il est fort peu d'oiseaux », dit M. Wallace, « qui produise moins de deux jeunes par an, tandis que le plus grand nombre en produit six, huit ou dix ; et si l'on suppose que chaque paire soit seulement féconde quatre fois dans sa vie, elle s'accroîtrait, à ce taux, de près de 10 millions d'individus en quinze ans, et rien ne nous donne lieu de croire à la moindre augmentation des oiseaux d'une contrée quelconque du glôbe, dans l'espace de quinze ou même de cent cinquante

années. Il est donc évident qu'il doit périr annuellement une énorme quantité d'oiseaux, autant, même, qu'il en est né; et comme, en calculant au plus bas, les petits sont chaque année deux fois plus nombreux que leurs parents, il suit de là que, quelle que soit la moyenne des individus existants dans une contrée quelconque, les pertes annuelles doivent s'y élever au double de ce nombre.

« C'est en vain que les couvées sont abondantes; de tous les petits, un seul, au plus, échappe à la rapacité des faucons et des milans, des chats et des belettes, ou résiste, quand vient l'hiver, au froid et à la faim (1). » Le cas le plus remarquable d'une immense population d'oiseaux nous est fourni par le pigeon voyageur (*passenger*) des États-Unis, « qui ne pond qu'un ou deux œufs au plus, et ne produit, dit-on, généralement qu'un seul jeune. Pourquoi cette abondance extraordinaire d'individus dans cette espèce, tandis que d'autres, produisant deux ou trois fois plus de petits, se montrent beaucoup moins nombreux? » L'explication en est toute simple. La nourriture recherchée par cette espèce, et qui lui convient le mieux, se trouve largement distribuée sur une région d'une très-vaste étendue, dont le sol et le climat offrent de telles différences que jamais, soit sur une partie, soit sur une autre, cette nourriture ne fait défaut. Cet oiseau possède la faculté de voler très-rapidement et de soutenir longtemps son vol, de sorte qu'il peut passer, sans fatigue, au-dessus de tout le district qu'il habite, et découvrir facilement, dès que la subsistance manque sur un point, un nouveau champ nourricier. Cet exemple nous montre, d'une manière frappante, qu'un approvisionnement non interrompu de bonne nourriture est presque la seule condition nécessaire pour assurer l'accroissement rapide d'une espèce donnée, puisque, dans ce cas, ni la fécondité limitée de l'espèce, ni les attaques incessantes des

(1) *Journ. of Linn. Soc.*, vol. III, p. 55, 1858.

oiseaux de proie et de l'homme, n'ont suffi pour entraver son développement (1). »

En signalant comment chaque variation de la forme typique d'une espèce donne à quelques individus un avantage sur les autres, M. Wallace fait remarquer que, chez certains animaux, un simple changement de couleur, ayant pour effet de les rendre plus ou moins faciles à distinguer, peut influer sur leur sécurité. Il fait aussi observer qu'à l'état de nature, une race mieux adaptée à de nouvelles conditions de vie ne retourne jamais à la forme qu'elle a abandonnée, bien que dans le cas où des animaux domestiqués sont rendus à l'état sauvage ou deviennent *féroces*, ils doivent, jusqu'à un certain point, recouvrer le caractère qu'ils avaient perdu pendant leur soumission à l'homme, et cela pour des raisons qui seront expliquées dans le chapitre XXXVII. L'essai en question se terminait par des critiques judicieuses portant sur l'opinion de Lamarck, suivant laquelle les animaux pourraient, par leurs propres efforts, activer le développement de quelques-uns de leurs organes, ou même en acquérir de nouveaux. « Les changements », dit M. Wallace, « ne sont pas le fait de la volonté des créatures elles-mêmes, mais celui de la survivance des variétés qui ont eu les plus grandes facilités pour trouver leur nourriture. La girafe n'a pas acquis son long cou en l'allongeant constamment dans le but d'atteindre le feuillage des arbres élevés, mais les variétés qui se trouvaient munies d'un cou plus long que d'ordinaire avaient un avantage sur leurs compagnons à col court, et ont pu leur survivre, quand est venue la rareté des subsistances (2). »

Après la publication faite dans les *Linnæan Proceedings* du chapitre détaché de son ouvrage, M. Darwin, sollicité par ses amis, comprit qu'il ne devait pas priver plus longtemps le public des résultats de ses investigations sur la nature et

(1) *Jour of Linn. Soc.*, p. 55.
(2) *Ibid.*, p. 61.

l'origine des espèces, ainsi que de sa théorie de Sélection Naturelle. Ces idées nouvelles, à leur apparition, produisirent une sensation extraordinaire dans le monde savant ; l'auteur les avait résumées et condensées dans son ouvrage ayant pour titre : ***De l'Origine des espèces par sélection naturelle, ou de la conservation des races favorisées dans la lutte pour l'existence.*** De l'heure où elle vit le jour, comme le dit très-bien le professeur Huxley, « cette théorie donna une nouvelle direction à la science biologique, » car, là même où elle ne réussit pas à faire des prosélytes, elle ébranla si profondément les opinions anciennes et consacrées par le temps, que celles-ci n'ont jamais pu se relever de cette secousse. L'auteur obtint ce résultat non-seulement par sa manière d'expliquer comment des races et des espèces nouvelles avaient pu se former par Sélection Naturelle, mais en montrant aussi combien l'adoption de ce principe jetterait de lumière sur un grand nombre de phénomènes très-différents et de toute autre nature, tant dans la condition présente que dans l'histoire passée du monde organique.

Hooker, sur la variation, la sélection et la formation des espèces dans le monde végétal. — L'abandon de l'ancienne doctrine reçue concernant l'*immutabilité des espèces* fut accéléré, en Angleterre, par l'apparition, dans la même année (1859), de l'essai du Dr Hooker sur la Flore de l'Australie. Dans plusieurs de ses précédents écrits, cet éminent botaniste avait dit tout ce qu'il est possible de dire à l'appui de *la constance des caractères spécifiques dans le monde végétal.* Il avait librement discuté pendant quinze ans avec M. Darwin tous les faits et tous les arguments qui pouvaient avoir trait à cette question, mais il constate dans son Introduction, que jusqu'au moment où furent publiées les idées de son ami et celles de M. Wallace, en faveur de la Sélection Naturelle, il ne s'était pas senti la hardiesse de déclarer franchement combien il était disposé, en qualité de botaniste, à se lancer dans

la même direction. Il s'était occupé pendant plus de vingt ans à étudier les plantes des diverses parties du monde, soit arctique, tempéré et tropical, soit insulaire et continental. Il avait personnellement exploré les flores de plusieurs de ces régions, décrit et classé des milliers d'espèces, et était bien connu pour allier, dans ses spéculations philosophiques, une extrême prudence à une grande hardiesse. Par ce nouvel essai, le public apprit, non sans surprise, le peu d'accord qui existait entre les botanistes les plus renommés à l'égard des limites des espèces, et jusqu'à quel point ces limites sont pure affaire d'opinion, même parmi ceux pour lesquels les espèces sont restées invariables depuis leur création, et resteront immuables tout le temps de leur existence sur le globe.

Le Dr Hooker montrait qu'à mesure qu'on étudie la même plante, placée dans des conditions différentes et vivant dans des régions éloignées les unes des autres, il devient de plus en plus difficile de définir exactement ses caractères spécifiques; il constatait aussi que dans la flore de chaque contrée se rencontrent des groupes d'espèces qui sont, en apparence, invariables, d'autres qui, au contraire, tendent si bien à se confondre les unes avec les autres, que le groupe entier peut être regardé comme une série continue de variétés, entre les limites de laquelle ne se montre aucun hiatus où se puisse intercaler aucune variété intermédiaire. Les genres Rubus, Rosa, Salix et Saxifraga présentent des exemples remarquables de cette variabilité, tandis que les genres Veronica, Campanula et Lobelia montrent une stabilité comparative dans leurs formes. En même temps il signalait, d'accord sur ce point avec la théorie de M. Darwin, comment l'extinction d'un certain nombre de races intermédiaires, en détruisant les liens de transition, facilitait la classification des espèces restantes, et donnait à entendre que ce pourrait bien être à cette extinction dans les temps passés que nous devons de pouvoir aujourd'hui, sans difficulté, classer les plantes en genres, espèces et ordres dis-

tincts. « Les rapports mutuels », observe le même auteur, « qu'offrent entre elles les plantes de chaque grande province botanique, et, l'on peut dire, du monde entier, sont absolument semblables à ceux qui se seraient produits si la variation, agissant comme elle l'a fait pendant un nombre limité de siècles, n'avait cessé d'opérer, pendant le cours de périodes indéfinies, de manière à donner graduellement naissance, dans la suite des temps, aux formes les plus divergentes des types primitifs. »

Quand on songe que l'auteur n'est arrivé à ces conclusions qu'après avoir étudié les caractères et la distribution géographique de dix milliers d'espèces, on se sent tout prêt à déclarer qu'une théorie qui est en harmonie avec un si grand nombre de faits doit être vraie ; mais, dans ce cas, nous avons à rechercher comment il se fait que tant de naturalistes, d'une habileté et d'une érudition incontestées, ont toujours soutenu et soutiennent encore que les espèces ont été constantes depuis leur origine. A propos de cette question, le Dr Hooker admet que les espèces sont des réalités, et qu'elles peuvent être considérées comme si elles étaient permanentes et invariables ; car les formes et les caractères d'au moins la grande majorité de ces espèces, ont pu se transmettre fidèlement à travers des milliers de générations, et se maintenir constants dans le cercle de notre expérience. « Mais notre expérience », remarque-t-il, « est si limitée qu'elle ne saurait expliquer un seul fait concernant la distribution géographique actuelle ou l'origine d'aucune espèce de plantes, et qu'elle est incapable d'évaluer le degré de variation que cette espèce a subie, aussi bien que d'indiquer le temps où elle a fait sa première apparition et la forme qu'elle avait à sa naissance (1).

(1) Hooker, *Introductory Essai, Flora of Tasmania.*

CHAPITRE XXXVI.

DE LA VARIATION DES PLANTES ET DES ANIMAUX SOUMIS A LA DOMESTICATION, CONSIDÉRÉE AU POINT DE VUE DE L'ORIGINE DES ESPÈCES.

Libre croisement des races domestiques, quoique divergentes du type primitif. — Antiquité reculée de quelques races formées artificiellement. — Influence de la sélection, tant inconsciente que méthodique, pour former de nouvelles races. — Les caractères de certaines races de pigeons domestiques ont une valeur générique. — Réapparition de caractères depuis longtemps perdus dans les produits de croisements. — Origine multiple du chien. — Instincts héréditaires. — Variation de la dorade et du ver à soie. — Pouvoir qu'a l'homme de modifier certaines parties d'un animal ou d'une plante, sans que les autres parties éprouvent aucun changement. — Maïs. — Chou. — Y a-t-il des limites à la variabilité d'une espèce? — La soumission à l'homme de certains animaux à l'état de domesticité n'est souvent que l'adaptation nouvelle d'un instinct naturel. — Les variétés provenant en partie d'individus sauvages ne ressemblent pas exactement à la souche sauvage d'origine. — Jusqu'à quel point les races domestiques diffèrent-elles des espèces sauvages dans leur aptitude au croisement? — Hybridisation des animaux et des plantes. — Les plantes hermaphrodites ne se fécondent pas ordinairement elles-mêmes. — L'hybridité peut-elle servir à reconnaître la différence entre les espèces? — Tendance de différentes races domestiques de gros bétail et de moutons à rester distinctes. — Pallas sur la domestication éliminant la stérilité. — Corrélation de croissance.

Libre croisement des races domestiques, quoique divergentes du type primitif. — Nous avons vu que la propriété qu'ont les espèces de se modifier indéfiniment dans le cours de milliers de générations, sous l'influence de conditions graduellement changées dans le monde organique et inorganique, est une question qui a été sérieusement examinée par les naturalistes, même depuis le commencement de notre siècle. Les changements amenés par l'éleveur et par l'horticulteur, et les races nouvelles ainsi produites, ont toujours été invoqués en faveur de cette théorie de variabilité sans limites. On peut dire que l'homme, à toutes les phases de son progrès social, s'est toujours occupé, avec beaucoup de patience et à grands frais, de conduire une grande série d'expériences en vue de fixer jusqu'à quel point il est possible de faire dévier de leur

type originel, tant dans le règne animal que dans le règne végétal, les descendants de parents communs. En poursuivant cette idée, il ne s'est nullement borné aux animaux et aux plantes qui servent à ses besoins, mais quelquefois, dans un but unique d'amusement, il a continué ses essais pendant des milliers d'années, pour s'assurer jusqu'à quel point il pouvait modifier certaines espèces, — celles du pigeon, par exemple, — ou certaines plantes florifères telles que la rose.

Aux arguments fondés sur les résultats de pareilles expériences, les adversaires de la doctrine de transformation n'ont cessé d'opposer que l'homme, malgré l'habileté et la persévérance des éleveurs, des agriculteurs et des fleuristes, n'a jamais réussi à donner naissance à une espèce nouvelle; car, bien que certaines races nouvelles aient fortement divergé de leur forme mère et montrent entre elles des différences, elles n'en ont pas moins continué de se croiser librement et de donner une postérité féconde, tandis que les hybrides, résultant de l'union de deux espèces distinctes dans la nature, sont toujours stériles.

Avant de pouvoir juger la valeur que l'on doit attacher à cette objection, il faut considérer non-seulement la nature et l'étendue des changements qui ont été produits dans les espèces soumises à la domestication et à la culture, mais aussi la facilité qu'on a d'obtenir des plantes et des animaux hybrides d'espèces sauvages, et les différents degrés de stérilité chez les hybrides de cette provenance. Tout ce qui concerne la variation des animaux domestiques et des plantes cultivées a été récemment traité par M. Darwin, dans un nouvel ouvrage qui vient de paraître, avec tant de supériorité et de tels détails (1), que je ne puis mieux faire que de renvoyer le lecteur à cet exposé si clair des faits accumulés par l'auteur à l'appui de sa théorie de *l'Origine des espèces*. Dans ce chapitre, non con-

(1) De la variation des animaux et des plantes sous l'influence de la domestication, 1867.

tent de répéter en grande partie ce que j'ai dit dans les éditions précédentes, je donnerai un aperçu des observations et des expériences les plus remarquables de M. Darwin, ainsi que des conclusions théoriques qui en découlent.

Antiquité reculée de quelques races formées artificiellement. — Les explorations poussées avec tant d'activité, ces quinze dernières années, dans les habitations lacustres de la Suisse, et un examen des débris, animaux et végétaux, qui s'y trouvaient conservés, ont montré que les races domestiques du chien, du bœuf et du mouton, ainsi que les variétés cultivées de plusieurs céréales et d'un grand nombre de fruits, ont été formées, dans l'Europe Centrale, pendant l'âge Néolithique, c'est-à-dire avant que l'usage des métaux fût encore connu. L'antiquité que ces faits nous conduisent à assigner à la culture de certaines plantes n'a pas lieu de nous surprendre, s'il est vrai, commme le prétend M. Darwin, que l'homme, à l'état barbare, soit naturellement porté à découvrir les propriétés utiles de toutes les plantes incultes, parce que le retour fréquent des famines auquel sont exposées toutes les tribus sauvages, l'a souvent contraint par besoin à essayer comme nourriture toute espèce de fruits, de feuilles et de racines. C'est ainsi qu'ont été découvertes, par hasard, les qualités nutritives, stimulantes et médicinales de la plupart des espèces.

On a pu croire un instant que les graines des herbes sauvages étaient trop petites pour que l'homme à l'état barbare fût tenté de es cultiver pour sa nourriture ; mais il paraît que Barth et L ingstone ont vu (1), dans différentes parties de l'Afrique, l s naturels récolter les graines d'une herbe sauvage et les manger. Or, il est bien évident que de cet usage, ces habitants n'avaient qu'un pas à faire pour passer à l'ensemencement de quelques-unes de ces graines dans le voisinage de leurs habitations ordinaires, et par suite à la

(1) Cité par Darwin. *De la variation des animaux*, etc. (traduction française), 1868, 1er vol., p. 330.

sélection, pour leurs semailles, des variétés les plus productives. Le grand nombre d'herbes ou de céréales cultivées, et les difficultés que rencontrent les botanistes lorsqu'ils veulent remonter à leur origine, deviendront bien plus faciles à comprendre, si l'on admet que ces plantes ont subi des modifications considérables par le fait de leur culture dans les temps pré-historiques.

On a souvent remarqué que ni l'Australie, ni le Cap de Bonne-Espérance, ni la Nouvelle-Zélande, ni l'Amérique au sud de la Plata, ne nous ont fourni une seule plante utile. M. Darwin fait observer à ce sujet qu'il ne faut pas en conclure que ces pays n'aient produit aucune plante utile à l'homme sauvage ; le docteur Hooker, en effet, n'énumère pas moins de 107 espèces natives (1) qui sont employées seulement par les Australiens. Mais le faible avantage que l'homme civilisé a retiré jusqu'à ce jour de ces régions prouve simplement que ces plantes sauvages ne peuvent pas lutter avec celles qui, pendant une longue suite de générations, ont été améliorées par la culture.

Un botaniste expérimenté qui verrait pour la première fois nos plus belles variétés de pommes, de pêches, de poires et de prunes, serait incapable de deviner de quelles espèces d'arbres sauvages elles proviennent.

D'après De Candolle, nous devons au Mexique, au Pérou et au Chili pas moins de trente-trois plantes utiles, parmi lesquelles on remarque le maïs et la pomme de terre. Tschudi décrit deux formes de maïs, actuellement inconnues au Pérou, qu'on a trouvées dans des tombeaux d'Incas (1), et qui s'étaient éteintes avant l'arrivée des Espagnols dans l'Amérique du sud. Mais, chose extraordinaire, pour le maïs, dont la culture était évidemment pratiquée aux époques les plus reculées,

(1) *Flora of Australia*, introduction, p. 110.
(2) Cité par Darwin, *De la Variation*, etc. (traduction française), vol. I, p. 340.

il n'est pas un seul botaniste qui ait pu jusqu'à ce jour remonter à son origine sauvage.

La lenteur avec laquelle ont été produites les variétés améliorées des plantes natives ressort clairement des recherches faites par Oswald Heer, relativement aux fruits que possédaient les habitants lacustres de la Suisse pendant le dernier âge de La Pierre. Ils avaient amassé des pommes, des prunes et des cerises sauvages, des graines de sureau et des fruits du rosier et du hêtre, différant fort peu de ceux que nous connaissons à l'état inculte. Ils cultivaient aussi cinq sortes de froment et trois d'orge, à grains bien plus petits que ceux de nos céréales actuelles, et entre autres variétés de froment, celle que l'on nomme vulgairement Égyptienne; d'où l'on conclut que les habitants lacustres avaient dû, à l'origine, ou venir du midi comme colons, ou avoir conservé des relations commerciales avec quelques peuples méridionaux. Quant à leurs animaux domestiques, aucun ne ressemblait exactement à ceux de nos races. Ainsi, par exemple, ils avaient deux espèces de gros bétail que l'on regarde comme des modifications des deux espèces ou races qui vivaient alors à l'état sauvage — savoir : *Bos primigenius* et *Bos longifrons ;* — mais, quoique descendant de ces types originels, ces variétés n'ont pu être identifiées avec aucune des races actuelles d'Europe. Leur chien aussi différait du nôtre, ou de celui du dernier âge de Bronze ; et suivant Rütimeyer, il était de taille moyenne, à peu près intermédiaire entre le loup et le chacal. Ils avaient également une petite race de moutons à jambes hautes et grêles, à cornes semblables à celles de la chèvre, et qui diffère quelque peu de toutes les races actuellement connues.

Influence considérable de la sélection, tant inconsciente que méthodique, dans la formation de nouvelles races. — L'art de l'élevage, arrivé à une grande perfection, est capable d'amener, en fort peu de temps, des modifications très-importantes. Ce n'est pas à dire que l'éleveur puisse

provoquer ou empêcher la naissance des variétés nombreuses qui se présentent à lui naturellement parmi les individus issus des mêmes parents ; mais il peut choisir les sujets qui conviennent le mieux à ses desseins, et les faire produire, tandis qu'il détruit les variétés de moindre valeur. A la génération suivante, il fait un nouveau choix des individus qui possèdent les qualités désirées au degré le plus saillant, et continue ainsi d'accumuler ces différences jusqu'à ce qu'il produise une race répondant à la forme dont il a conçu l'idée. Il lui est facile de discerner, tant dans les animaux que dans les plantes, des variations insignifiantes que n'apprécierait pas un œil inexpérimenté, et qui, se condensant à la longue, deviennent fixes par l'hérédité, et finissent par donner des races permanentes ; — tel est le procédé connu techniquement sous le nom de sélection. Mais il est une autre sorte de sélection, appelée *inconsciente* par M. Darwin, dont l'action prolongée est peut-être encore plus puissante, dans un état quelconque de la société. Le sauvage, pressé par la faim, est souvent forcé de tuer ses chiens pour les manger ; mais s'il peut en épargner quelques-uns, il conserve naturellement ceux qui lui sont le plus utiles pour la chasse. Il en a été de même au temps primitif de l'agriculture ; on a semé de préférence les graines et les fruits des variétés qui, par l'abondance de leurs produits ou par leurs qualités comestibles, offraient quelque avantage sur les autres, et on a consommé les graines des variétés inférieures. L'homme, en effet, est toujours mis en demeure de décider quels individus il gardera, pour faire souches de reproduction, parmi ceux qui viennent au monde, tant leur nombre est considérable et disproportionné avec la place et la quantité de subsistances disponibles. M. Darwin suppose que, même à l'état le plus avancé de civilisation, l'influence de la sélection inconsciente est plus puissante que celle de la sélection méthodique.

Nos bouledogues actuels, observe le même auteur, sont

différents de ceux qu'on employait jadis pour les combats de taureaux et de chiens ; ils ont diminué de taille et changé de forme, depuis que cet ancien divertissement a été abandonné. Nos chiens pour la chasse au renard ne sont plus les chiens courants anglais d'autrefois, et nos lévriers ont pris des formes plus dégagées. Nos énormes chevaux de trait doivent probablement leur origine à une sélection inconsciente, poursuivie pendant un grand nombre de générations, des animaux les plus lourds et les plus puissants d'Angleterre et des Flandres, sans aucune intention de créer notre race actuelle à formes d'éléphant (1). Après l'introduction en Angleterre des chevaux arabes, la sélection méthodique des individus les plus rapides a produit graduellement les chevaux de course anglais ; mais ce changement même est en partie le résultat d'une sélection inconsciente, et des efforts faits généralement pour produire des animaux aussi fins et aussi beaux que possible, sans qu'on eût dès l'origine aucune intention préconçue de leur donner l'apparence qu'ils ont aujourd'hui.

Valeur générique des caractères observés chez certaines races de pigeons domestiques. — Les pigeons domestiques offrent l'exemple le plus frappant de la grande divergence du type originel, le Bizet (*Rock Pigeon*, *Columba Livia*), que l'homme ait produite dans la suite des temps. Ces oiseaux ont été domestiqués pendant des milliers d'années en Égypte et dans l'Inde, et présentent des facilités remarquables pour la production de divers croisements, le mâle et la femelle pouvant être aisément accouplés pour la vie, et leurs différents produits élevés ensemble dans la même volière. On a donné des noms à plus de 150 races distinctes, toutes de descendance pure, et l'on pourrait en rassembler un choix tel, dit M. Darwin, qu'un ornithologiste auquel on les donnerait pour des oiseaux sauvages, les rangerait certainement

(1) Darwin, *De la variation*..., traduction française, vol. II, chap. XX, p. 225.

comme autant d'espèces bien distinctes, tandis qu'il se refuserait à placer dans le même genre le Messager anglais, le Culbutant à courte-face, le Grosse-Gorge et le pigeon Paon. D'après les détails historiques qui sont venus jusqu'à nous sur les principales races de pigeons connues dans l'Inde avant l'année 1806, il paraît que ces races, bien qu'ayant pu être classées dans les mêmes groupes que nos variétés actuelles, n'ont pas divergé autant que celles-ci de leur souche mère commune, le Bizet sauvage.

Dans la formation de nouvelles variétés, quoique les amateurs de pigeons aient exclusivement porté leur attention sur les caractères extérieurs, — tels que la longueur du bec, le nombre ou la longueur des plumes de la queue, la couleur du plumage et la forme générale du corps, ils ont cependant produit quelquefois, sans le vouloir, des modifications dans la structure osseuse interne des espèces. Ainsi, en même temps qu'ils allongeaient le corps du Grosse-Gorge, ils augmentaient, sans le chercher, le nombre de ses vertèbres sacrées et caudales, la largeur de ses côtes et les dimensions de son sternum. Dans le pigeon Paon, ils ont considérablement accru la longueur et le nombre des vertèbres caudales; et, chose encore plus remarquable, dans plusieurs variétés, le crâne diffère totalement, pour le développement et la configuration, de celui du Bizet sauvage.

Les transitions observées entre les variétés les plus divergentes dont nous venons de parler et le Bizet sauvage (*Columba Livia*) sont si nombreuses, que les ornithologistes n'hésitent pas à reconnaître cette espèce comme la source commune de toutes les autres. Une autre preuve curieuse de cette descendance est fournie par le croisement d'espèces distinctes dont les produits offrent, surtout dans le plumage, des caractères particuliers au Bizet, que ne possèdent aucune des races parentes (1). Ainsi, la couleur bleu ardoise, avec

(1) Darwin, *De la variation...*, traduction française, t. I, p. 209.

des barres noires sur les ailes et la queue, et l'extrémité blanche des plumes caudales externes qui caractérisent le Bizet sauvage, se reproduisent dans le métis du Messager et du pigeon Paon, bien que tous ces caractères soient restés souvent à l'état latent dans chacune des souches parentes, pendant cent générations et plus. M. Darwin a constaté par l'expérience, dans le cas des pigeons, la vérité de ce singulier principe d'atavisme, et il a aussi obtenu des résultats analogues, en appariant quelques variétés distinctes de la poule commune. Il a croisé un coq noir espagnol avec une poule blanche soyeuse, — deux races pures et anciennes dont le plumage n'a jamais montré la moindre trace de la couleur rouge propre à celui du *Gallus Bankiva* sauvage, espèce de l'Himalaya que l'on a toujours regardée comme la souche originelle de nos poulets domestiques, — et il a obtenu, de ce croisement, des jeunes remarquables par leur couleur particulière d'un rouge orangé (1).

Retour de caractères depuis longtemps perdus dans les produits de croisements. — La tendance, observée dans l'acte de croisement, à évoquer des caractères depuis longtemps perdus dans chacune des races parentes, constitue, parmi les attributs de l'hérédité, une des énigmes les plus étonnantes. A quel concours favorable de circonstances attribuer la manifestation, renouvelée spontanément, de ces caractères qui doivent être restés à l'état latent dans un si grand nombre de générations intermédiaires? Dans certains cas, ils se développent alternativement dans des générations successives, dans d'autres, à de plus longs intervalles.

La composition des molécules qui forment les cellules-germes des animaux et des plantes, leur mode de multiplication et celui de leur transmission d'une génération à une autre, étaient déjà, au temps de Buffon et de Bonnet, un

(1) Darwin, *De la variation*, etc.; t. I, p. 254.

thème favori de spéculation. Plus récemment (1849), le professeur Owen a traité ce sujet dans son mémoire sur la *Parthénogénèse*, et M. Herbert Spencer a donné une théorie pour expliquer comment les atomes ou unités physiologiques, qui composent le germe fertilisé d'un animal ou d'une plante, peuvent se multiplier dans l'organisme et devenir les véhicules à l'aide desquels les parents transmettent leurs qualités à leurs descendants (1). La nouvelle hypothèse imaginée par M. Darwin, et qu'il a appelée *Pangénèse*, coïncide sous beaucoup de rapports avec celle de M. Spencer, et ne saurait être parfaitement comprise sans le recours aux explications détaillées et lumineuses qu'en donne l'auteur dans les derniers chapitres de son nouvel ouvrage (2). Il suppose que les cellules-germes des animaux et des plantes sont capables d'engendrer de petits corps, auxquels il donne le nom de gemmules cellulaires, qui se propagent à travers toutes les parties d'un organisme, pouvant se multiplier et s'unir à d'autres gemmules semblables, ou, quand l'union n'a pas lieu, rester à l'état dormant. Leur développement peut s'opérer d'après le mode de croissance usité dans tous les êtres vivants, suivant lequel on voit, dans les animaux inférieurs, des membres entiers se reproduire après avoir été coupés, des blessures se cicatriser par la formation d'une nouvelle chair, ou le fragment d'une feuille de plante reformer un individu complet. Les gemmules cellulaires restées non développées pendant plusieurs générations, sont comparables à des graines dormant dans le sein de la terre, ou à des organes rudimentaires qui, bien qu'inutiles, se transmettent par l'hérédité dans une suite indéfinie de générations, c'est-à-dire aussi longtemps qu'une espèce entière subsiste sur le globe.

Avant l'apparition de cette nouvelle hypothèse, il était

(1) *Principes de biologie*, vol. I, chap. IV et VIII.
(2) Darwin, *De la variation...*, chap. XXVII et XXVIII.

assez difficile de concevoir comment une cellule ou ovule microscopique, si petite, qu'elle est souvent invisible à l'œil nu, et que dans certains cas il faut pour la distinguer recourir à l'usage d'un puissant microscope, peut contenir en elle non-seulement les caractères des espèces, mais encore les particularités de l'un des parents ou de tous les deux, y compris leurs habitudes et leurs instincts individuellement acquis. Mais ce n'est pas tout, car il faut aussi imaginer, dans chaque germe ou ovule, une quantité innombrable d'autres molécules, dans lesquelles peuvent se trouver les caractères de progéniteurs reculés. Quant à la question de la petitesse que peuvent avoir les particules de matière organique, j'aurai à citer dans la suite, au chapitre XL, les dix millions de sporules comptés par Fries dans un seul fungus. On peut se faire une idée encore plus frappante de la petitesse possible des atomes matériels, en songeant que l'air est souvent parfumé ou empoisonné dans de grands espaces par l'odeur d'un animal ou d'une plante, et que les particules contagieuses de certaines maladies flottent invisibles dans l'atmosphère, avant que d'être définitivement reçues dans l'intérieur du corps humain, où elles se développent rapidement et agissent avec une étonnante énergie.

Une fois admis que le nombre des gemmules cellulaires peut être presque infini dans un embryon non développé, nous avons à expliquer comment quelques-unes d'entre elles, après avoir été longtemps transmises à l'état latent, peuvent se multiplier soudain et acquérir de l'ascendant dans des individus croisés de deux races distinctes. Entre autres faits à peu près analogues, il est bon de faire observer que, bien qu'il y ait souvent dans les descendants fusion complète de tous les caractères des parents, il arrive parfois que des caractères de l'un des parents soient exclusivement transmis à l'un des enfants, et ceux de l'autre parent à un autre enfant. Les caractères de l'un des parents prévalent quelquefois dans tous les

enfants, à l'exclusion de ceux de l'autre parent. Lorsque Gartner croisa les espèces et les variétés des Verbascums à fleurs blanches et jaunes, ces couleurs ne se mélangèrent jamais dans les produits, qui tous donnèrent des fleurs tout à fait jaunes ou tout à fait blanches. Cela doit dépendre évidemment de quelque principe suivant lequel il y a affinité entre les atomes similaires et répulsion entre ceux qui ne sont pas de même nature. Les germes-cellules dérivées de deux individus, appartenant à deux races distinctes, peuvent très-bien ne pas s'unir à temps, ou se trouver en nombre insuffisant pour la reproduction des attributs caractéristiques des deux parents; elles peuvent aussi être antagonistes et se neutraliser mutuellement au point de permettre aux gemmules dérivées d'un progéniteur reculé de se multiplier tout à coup, en prenant un ascendant assez fort pour faire revivre certaines particularités de la souche originelle qui étaient restées longtemps dans l'expectative.

Origine multiple du chien. — Il existe une grande diversité d'opinions à l'égard de l'origine des diverses races canines qui ont été domestiquées par l'homme dans toutes les parties du monde. M. Darwin penche à croire avec Pallas que l'origine du chien est multiple, plusieurs espèces sauvages s'étant fusionnées pour produire les races très-distinctes que nous possédons aujourd'hui. L'illustre John Hunter soutenait que le loup, le chien et le chacal ne formaient qu'une seule espèce, parce qu'il avait expérimenté, en deux circonstances, que le chien s'accouplait avec le loup aussi bien qu'avec le chacal, et que le produit de cet accouplement s'appariait de nouveau avec le chien. Dans ces cas, toutefois, on peut faire observer que l'un des parents au moins était toujours de race pure, et qu'il n'existe pas de preuve qu'une race vraiment hybride ait pu jamais se perpétuer.

On supposait autrefois une légère différence de durée dans les périodes de gestation du chien et du loup; mais l'expé-

rience n'a pas confirmé cette opinion, et le professeur Owen n'a pas pu réussir à reconnaître la différence que l'on prétendait exister dans la structure d'une partie du canal intestinal. Il paraît à peu près hors de doute que le chacal, et plusieurs espèces de loups, se sont accidentellement croisés avec le chien.

Le principal argument en faveur de la descendance des différentes races de chiens de souches sauvages distinctes est, dit M. Darwin, la ressemblance que, dans diverses régions, on peut constater entre elles et les espèces indigènes qui y existent encore (1). C'est ainsi que les chiens des Indiens de l'Amérique ressemblent aux loups de l'Amérique du nord, que le chien de berger de Hongrie a beaucoup de ressemblance avec le loup d'Europe, et le chien domestique d'Asie avec le chacal.

Mais quoique les croisements réciproques de plusieurs souches sauvages originelles aient augmenté le nombre total de nos races et en aient profondément modifié quelques-unes, ces croisements, dit M. Darwin, ne peuvent expliquer l'origine de formes extrêmes comme les lévriers, limiers, bouledogues, épagneuls Blenheim, terriers et bichons, qui n'ont jamais été trouvés, que l'on sache, chez les sauvages, et qui sont le produit d'une civilisation longtemps continuée. D'après Cuvier, la différence que l'on observe dans la forme du crâne chez quelques races aurait une valeur plus que générique; certaines variétés possèdent une paire additionnelle de molaires à la mâchoire supérieure, et quelques races, comme les chiens Turcs, n'ont pas toutes leurs molaires; le nombre des mamelles peut aussi varier de sept à dix. Les chiens ont normalement cinq doigts aux pattes antérieures, et quatre aux postérieures, mais on y trouve quelquefois un cinquième, ainsi qu'un quatrième os cunéiforme. L'homme, dit M. Darwin, s'il eût tenu au nombre de leurs molaires, de leurs mamelles ou de leurs

(1) Darwin, *De la variation...*, traduction française, t. I, p. 22.

doigts, aurait pu, par sélection, fixer ces divers caractères, dans ces animaux, de même qu'il a donné des cornes additionnelles à certaines races de mouton et ajouté un doigt et des plumes à la poule Dorking ; mais dans tous ces cas les particularités dont nous venons de parler ont simplement accompagné les modifications relatives à la forme, à la légèreté, à la taille, à la puissance et à plusieurs autres caractères que l'éleveur s'était proposé de fixer.

Instincts acquis par l'hérédité. — Il est incontestable que ces nouvelles races n'auraient pu être formées artificiellement si les particularités individuelles d'une génération n'avaient été transmises par hérédité à la génération suivante. Une race de chiens employés à chasser le cerf sur le plateau de Santa-Fé, dans le Mexique, offre un exemple remarquable d'instincts, même nouveaux, devenus héréditaires. Le mode d'attaque qu'ils emploient, dit M. Roulin, consiste à saisir l'animal au bas-ventre et à le renverser par une brusque secousse, en profitant du moment où son corps porte seulement sur les jambes de devant. Le poids de l'animal ainsi renversé est souvent sextuple de celui de son antagoniste. Le chien de race pure hérite une disposition à ce genre de chasse, et n'attaque jamais de front un cerf au milieu de sa course. Quand celui-ci même, ne l'apercevant pas, vient à lui directement, il se met à l'écart et l'assaillit de flanc. D'autres chiens courants, d'une force supérieure et d'une sagacité ordinaire, qu'on a amenés d'Europe, sont dépourvus de cet instinct particulier, et tombent souvent, faute de semblables précautions, raides morts sur la place, avec les vertèbres du cou luxées par la violence du choc (1).

Un instinct nouveau est également devenu héréditaire chez une race abâtardie de chiens que les habitants des bords de la Madeleine emploient presque exclusivement à la chasse du

(1) M. Roulin, *Ann. des Sc. Nat.*, t. XVI, p. 16. 1829.

pécari à lèvres blanches. L'adresse de ce chien consiste à modérer son ardeur, et à ne s'attacher à aucun animal en particulier, mais à tenir toute la troupe en échec. Or, parmi ces chiens, on en voit maintenant qui, la première fois qu'on les mène au bois, connaissent ce mode d'attaque, tandis qu'un chien d'une autre espèce se lance tout d'abord, est environné par les pécaris, et, quelle que soit sa force, est exterminé dans un instant.

Quelques Anglais, appelés en 1825 à diriger une des principales associations minières du Mexique, celle de Real-del-Monte, amenèrent avec eux des lévriers Anglais de la meilleure race, pour chasser les lièvres qui abondent dans cette contrée. Le grand plateau où se fait ordinairement cette chasse, est situé à près de 2,700 mètres au-dessus du niveau de la mer, et le mercure, dans le baromètre, s'y tient habituellement à la hauteur de 0^{m}48. On a reconnu que les lévriers ne pouvaient supporter la fatigue d'une longue chasse dans cette atmospère raréfiée, et qu'avant d'atteindre leur proie, ils étaient obligés de se reposer, pour reprendre haleine ; mais ces mêmes animaux ont produit des petits qu'on a parfaitement réussi à élever et qui, ne souffrant nullement de l'extrême raréfaction de l'air, forcent les lièvres avec autant de facilité que les lévriers les plus vites, originaires de cette contrée.

L'attitude immobile et circonspecte du chien d'arrêt a été regardée, avec raison, comme une simple modification d'une habitude qui peut avoir été utile à une race sauvage, accoutumée à sentir le gibier et à fondre sur lui à l'improviste, s'arrêtant d'abord un instant pour le laisser partir, afin de l'atteindre ensuite plus sûrement. Mais la faculté dont est doué le chien qui rapporte le gibier semble plus inexplicable, et ne peut aussi facilement être rapportée aux passions instinctives de l'espèce. M. Magendie, dit un auteur français dans un mémoire récemment publié, ayant appris qu'il y avait en Angleterre une race de chiens qui arrêtaient et rapportaient le

gibier naturellement, s'en procura un couple, dont il eut un petit qu'il garda constamment sous ses yeux, jusqu'à ce que l'ayant conduit à la chasse, il pût ainsi s'assurer par lui-même que, du premier jour et sans avoir reçu aucune instruction, il rapportait aussi fidèlement le gibier que les chiens exercés à cette manœuvre, à l'aide du fouet et du collier de force.

L'homme n'a pas borné aux mammifères et aux oiseaux le pouvoir qu'il a de produire, par la sélection, des races nouvelles d'animaux. Les Chinois ont conservé en captivité, depuis un temps immémorial, comme objets d'ornement ou de curiosité, des poissons dorés (*Cyprinus auratus*), et il est à peu près certain que cette couleur d'or n'est pas caractéristique de l'espèce à l'état de nature. Sauvigny en a décrit et publié les dessins coloriés d'au moins quatre-vingt-neuf variétés, parmi lesquelles Yarrell en a observé certaines qui sont dépourvues de nageoires dorsales, et d'autres qui ont une double nageoire anale ou une triple caudale. Plusieurs d'entre elles, dit M. Darwin, pourraient être regardées comme des monstruosités, car il est bien difficile d'établir une ligne de démarcation bien nette entre une variation et une monstruosité.

Si nous passons des vertébrés aux invertébrés, nous verrons encore que la sélection est capable de produire des races distinctes dans la classe des insectes, comme dans le cas du ver à soie commun (*Bombyx mori*), dont la domestication, en Chine, remonte, dit-on, jusqu'à près de 3,000 ans avant notre ère. Cet insecte fut apporté à Constantinople au VIe siècle, de là introduit en Italie, puis en France vers l'an 1494 (1). La nature de la nourriture qu'on donne à la chenille paraît influer jusqu'à un certain point sur le caractère de la race. On apporte un grand soin, dans l'Inde et en Europe, à la sélection des papillons dont les chenilles ont fourni les meilleurs cocons. La soie, ordinairement jaune, est quelquefois blanche;

(1) Godron, *De l'Espèce*, 1859, t. I, p. 160, et voir Darwin, *Sur la variation..*, traduction française, t. I, p. 318.

et, grâce à une sélection attentivement poursuivie, on est parvenu en France, dans le cours de soixante-cinq générations, à réduire considérablement la proportion des cocons jaunes. Suivant Quatrefages, les pattes abdominales des vers à cocons blancs sont toujours blanches, tandis que celles des vers à cocons jaunes sont invariablement jaunes; les œufs diffèrent par la teinte d'une manière correspondante.

Du pouvoir qu'a l'homme de modifier certaines parties d'un animal ou d'une plante, les autres parties restant les mêmes. — La possibilité d'obtenir des races particulières et des variétés fixes d'animaux et de plantes repose sur ce fait que, dans des espèces nombreuses en individus, on rencontre à peu près toutes les variations désirables. Il a été aussi reconnu qu'une forme de variation peut être accumulée, à l'aide de la sélection, dans plusieurs générations successives, sans que les autres caractères de l'espèce en soient matériellement affectés. On a eu besoin de vaches donnant une plus grande quantité de lait, de moutons à laine plus fine, de poules habituées à pondre sans relâche, et l'on a obtenu souvent toutes ces qualités sans qu'il se produisit, sous tout autre rapport, le moindre changement dans les habitudes ou l'organisation de ces mêmes races.

En ce qui concerne le maïs et la vigne, on a modifié la graine et le fruit sans changer les feuilles, tandis que pour le mûrier, cultivé pour l'éducation des vers à soie, on a formé un grand nombre de variétés nouvelles par le feuillage, le fruit étant resté le même. Les feuilles du chou, les tubercules de la pomme de terre et les racines de la carotte ont subi des transformations étonnantes ; mais, dans toutes ces plantes, les fleurs ont invariablement conservé leurs caractères. Les modifications produites dans les graines du maïs méritent une remarque particulière. Les différentes races peuvent, quant à la hauteur, varier de 45 centimètres à plus d'un mètre, et il existe une variété dans laquelle l'épi est au moins

quatre fois plus long que dans une autre variété naine. Les grains, quant à la couleur, peuvent être blancs, jaune pâle, orangés, rouges, violets ou bigarrés de noir. M. Darwin a trouvé que, en poids, un seul grain d'une variété pouvait être égal à sept grains d'une autre. Les variétés hautes, croissant sous les latitudes méridionales, où elles sont, par conséquent, exposées à une température élevée, mûrissent leurs grains au bout de six à sept mois; les espèces plus petites, qui croissent dans les climats plus froids du nord, mûrissent dans trois ou quatre mois (1).

Dans l'Amérique septentrionale, la culture du maïs a été graduellement poussée de plus en plus vers le nord, et, dans ce cas, aux changements opérés dans la plante par une variation de climat, sont venus s'ajouter ceux qui résultaient de la sélection. Les effets du climat européen sur les variétés américaines sont vraiment remarquables. Metzger a semé et cultivé en Allemagne des graines d'une sorte de maïs connue sous le nom de *Zea altissima*, provenant des parties plus chaudes d'Amérique; et, à la première année, les plantes atteignirent 3m65 de hauteur, mais ne donnèrent que peu de graines mûres. Les grains inférieurs de l'épi conservèrent leur forme propre, mais les supérieurs présentèrent quelques changements. A la seconde génération, les plantes ne dépassèrent pas une hauteur de 2m75 à 3 mètres, et les graines de forme plus arrondie avaient changé de couleur; de blanches, elles étaient devenues jaunes. A la troisième génération, la plante avait presque perdu toute ressemblance avec la forme originelle et très-distincte d'Amérique. Enfin, à la sixième génération, ce maïs, que l'on continue de cultiver près de Heidelberg, ne se distinguait plus de la forme commune d'Europe que par une croissance un peu plus vigoureuse. « Ces faits », dit M. Darwin, « nous fournissent l'exemple le plus

(1) Metzger *die Getreidearten*, 1841, p. 206, cité par Darwin, *De la variation*, vol. I, p. 342, traduction française.

remarquable que je connaisse des effets prompts et directs du climat sur une plante. »

On a cultivé en serre chaude, ou en plein vent, pour la fabrication du vin, plusieurs centaines de variétés de vignes, qui présentent toutes des différences caractéristiques dans leurs fruits, tandis que le mûrier, tant en France que dans l'Inde, a donné naissance à un grand nombre de variétés, dont les divers caractères, sous le rapport de la texture et de la qualité des feuilles, ont été rendus constants par la sélection. Si l'homme avait renversé le traitement de ces plantes, il aurait pu, d'une part, sans aucun doute, produire des changements infinis dans les feuilles de la vigne, les grappes restant invariables, et de l'autre, former un grand nombre de races de mûrier, caractérisées par des fruits différents, tandis que les feuilles négligées n'auraient subi aucune déviation marquée du type de la plante originelle.

Une plante amère (*Brassica oleracea*), à grandes feuilles vertes, avec une fleur semblable à celle de la moutarde ou du raifort sauvage, a été prise sur les bords de la mer et transplantée dans un jardin ; là, elle a perdu son amertume et a été métamorphosée en plusieurs végétaux distincts, tels que le chou rouge et le choux-fleur, qui ressemblent aussi peu l'un à l'autre que chacun d'eux à la plante mère. Dans certains pays, les plantes appartenant à l'ordre généralement herbacé des Crucifères peuvent se développer en arbres, et le chou, dans l'île de Jersey, peut acquérir un tronc ligneux, qui atteint assez souvent une hauteur de 3 mètres à 3^{m}65. On a vu l'une de ces tiges s'élever jusqu'à 5^{m}40 et supporter un nid qu'une pie avait construit à son sommet. Les troncs ligneux de la même variété sont quelquefois employés comme chevrons, ou pour faire des cannes. Ces effets prodigieux résultent d'une culture et d'un climat particuliers. Ce qui est digne de remarque, dit Darwin, c'est la différence insignifiante que montrent, avec les autres variétés, les fleurs, les gousses et

les graines de ce chou dont l'homme a transformé d'une manière si étonnante la forme, la taille, la couleur et le mode de croissance des tiges et des feuilles. Mais quel contraste, si nous comparons les parties correspondantes des diverses sortes de choux, avec celles de nos variétés de maïs et de froment! « L'explication en est facile : dans les céréales, on n'estime que les graines, et c'est sur leurs variations qu'on a fait porter la sélection ; dans les choux, au contraire, on a complétement négligé les graines, leurs enveloppes et les fleurs, tandis qu'on a remarqué et conservé les variations utiles qu'ont pu présenter les tiges et les feuilles, depuis une époque fort reculée, car les anciens Celtes cultivaient déjà les choux (1). »

Parmi les changements apportés aux conditions extérieures, et dont se préoccupent les horticulteurs désireux de produire de nouvelles variétés, il ne faut pas oublier ceux qui sont relatifs à la nature du sol. La production de fleurs bleues, au lieu de fleurs rouges, dans le *Hydrangea hortensis*, montre l'effet immédiat que produisent certains sols sur les couleurs du calice et des pétales. Dans le terreau ou compost, les fleurs sont invariablement rouges ; dans quelques terres marécageuses, elles sont bleues, et le même changement se produit toujours dans une certaine marne jaune.

Limites de la variabilité des espèces. — Dans les premières éditions de cet ouvrage (de 1831 à 1853) (2), j'ai soutenu qu'il y avait des limites à cette déviation d'un type originel dont les espèces sont susceptibles. Mon argumentation était principalement fondée sur la rapidité avec laquelle on peut, dans une courte période, apporter des changements considérables dans les animaux domestiques et les plantes soumises à la culture, et aussi sur la lenteur avec laquelle on pouvait ensuite modifier les mêmes races, quand les expé-

(1) Darwin, *De la variation*, traduct. franç., vol. I, p. 344.
(2) *Principes de géologie*, édit. franç., 1848, vol. IV, p. 78.

riences avaient été poursuivies sur un grand nombre de générations. A l'appui de ce principe, j'observais que quand l'homme emploie la force ou la ruse contre des animaux sauvages, ceux-ci deviennent bientôt eux-mêmes plus rusés, plus méfiants et plus artificieux ; de nouveaux instincts semblent souvent se développer en eux, et devenir héréditaires jusqu'aux deux ou trois premières générations ; mais que l'habileté et l'adresse de l'homme augmentent, même graduellement, et aucune variation ultérieure ne pourra avoir lieu, aucune faculté nouvelle ne se manifestera chez ces animaux, par suite d'un accroissement de dangers. Le changement susceptible de se produire dans les habitudes de l'espèce a atteint un point au delà duquel aucune autre modification n'est possible, quelle que soit, d'ailleurs, la durée du temps pendant lequel agissent les nouvelles circonstances. Aussi, l'espèce serait-elle plutôt détruite que de subir une transformation telle qu'elle pût se perpétuer sous l'influence du nouvel ordre de choses.

Or, M. Darwin a montré, en premier lieu, que, même dans les espèces telles que le pigeon, le bétail commun, les moutons ou les porcs, que l'on a fait varier à l'aide de la sélection, depuis les époques reculées, rien n'indique de limite positive au delà de laquelle on ne puisse amener aucun changement ultérieur. Toutes ces espèces ont été modifiées complétement dans le cours des temps modernes et « la tendance à une variabilité générale parait être illimitée (1). »

En second lieu, M. Wallace fait remarquer, avec raison, que la somme des changements produits dans une direction quelconque peut s'effectuer d'abord d'une façon comparativement rapide, et tel est le cas pour les chevaux de course ; on commence par choisir certaines variétés en vue d'accroitre la vitesse de l'animal, et plus tard on se trouve avoir échoué

(1) Darwin, *De la variation*, trad. franç., vol. II, p. 257.

dans toutes ses tentatives pour créer un type supérieur, après avoir dépensé, dans ce but poursuivi pendant plusieurs années, la plus grande partie de sa fortune et toute son énergie. La véritable question, observe le même auteur, n'est pas de se demander si la somme des changements possible dans une ou plusieurs directions est indéfinie et illimitée, mais de savoir si l'homme a le pouvoir de réaliser les différences qui se rencontrent dans la nature, soit en accumulant les variations, soit en appliquant la méthode sélective. « Tous les animaux les plus agiles, — cerfs, antilopes, lièvres, renards, léopards, chevaux, zèbres, etc., — ont atteint à très-peu près le même degré de vitesse ; et, bien que dans chacune de ces espèces, les individus les plus vites aient dû se conserver dans le cours des siècles, et les plus lents périr, nous n'avons aucune raison de croire qu'il y ait eu aucun progrès dans leur faculté de courir. A cet égard, les limites possibles dans les conditions actuelles, et peut-être dans les conditions terrestres supportables, ont été depuis longtemps atteintes (1). Dans tous les cas, il nous a été donné, en ce qui concerne le cheval de course anglais, de produire une variété supérieure en vitesse à son progéniteur sauvage et à toutes les autres espèces chevalines.

La soumission à l'homme de certains animaux domestiques n'est souvent que le résultat d'un instinct naturel. — Il se peut aussi que nous ayons très-facilement exagéré la somme de changements qui paraît s'être produite dans un petit nombre de générations. Frédéric Cuvier (2) a parfaitement démontré l'origine de notre erreur relativement aux altérations que nous pensons avoir apportées dans les instincts et dans les dispositions des animaux. Un animal en domesticité, observe-t-il, n'est point, à l'égard du sentiment de contrainte, dans une situation différente de celle d'un ani-

(1) Wallace, *Quart. Journ. of science*, octobre 1867, p. 486.
(2) *Mém. du Mus. d'Hist. Nat.*, Jameson, édit. New. Phil. Journ., nos 6, 7, 8.

mal abandonné à lui-même. Il vit en société sans qu'il lui en coûte aucun effort, parce que, probablement, il était destiné à vivre ainsi; et il se conforme à la volonté de l'homme, parce qu'il avait, à l'état sauvage, un chef auquel il était accoutumé à obéir. Rien, dans sa nouvelle situation, ne se trouve en désaccord avec ses penchants; il satisfait ses besoins par soumission à un maître, et ne fait aucun sacrifice de ses inclinations naturelles. Tous les animaux sociables, lorsqu'ils sont abandonnés à eux-mêmes, forment des troupeaux plus ou moins nombreux; et tous les individus du même troupeau se connaissent, sont attachés les uns aux autres, et ne souffrent pas qu'aucun individu étranger se joigne à eux. De plus, à l'état sauvage, ils obéissent à un individu qui, par sa supériorité, est devenu le chef du troupeau. Nos espèces domestiques avaient, originairement, cette disposition naturelle à la sociabilité; et aucune espèce solitaire, quelque aisé qu'il puisse être de *l'apprivoiser*, n'a encore fourni de vraies races domestiques. Nous ne faisons donc que développer, à notre profit, les penchants qui portent les individus de certaines espèces à se rapprocher de leurs semblables.

Le mouton, dont nous avons pris soin, est porté à nous suivre, comme il suivrait le troupeau au milieu duquel il aurait été élevé; et, quand des individus appartenant à des espèces vivant par troupes ont été accoutumés à un maître, c'est lui seul qu'ils reconnaissent pour chef, c'est à lui seul qu'ils obéissent. « L'éléphant ne se laisse conduire que par le cornac qu'il a adopté; le chien lui-même, élevé dans la solitude avec son maître, est menaçant pour tous les autres hommes; et chacun sait combien il est dangereux de se trouver au milieu des troupeaux de vaches, dans les pâturages peu fréquentés, quant elles n'ont pas à leur tête le vacher qui les conduit.

« Tout nous persuade donc qu'autrefois les hommes n'ont

été pour les animaux domestiques, comme ceux qui en ont un soin spécial ne sont encore aujourd'hui, que des membres de la société que ces animaux forment entre eux, et qu'ils ne se distinguent pour ceux-ci, dans la masse générale, que par l'autorité qu'ils ont su prendre à l'aide de leur supériorité d'intelligence. Ainsi, tout animal sociable qui reconnait l'homme pour membre et pour chef de sa troupe, est un animal domestique. On pourrait même dire que dès qu'un tel animal reconnait l'homme pour membre de son association, il est domestique, l'homme ne pouvant pas entrer dans une semblable société sans en devenir le chef (1). »

Mais l'ingénieux auteur dont je viens de citer les observations, admet que l'obéissance accordée indifféremment à tout le monde, par les individus de plusieurs espèces domestiques, est sans analogie avec les divers états de choses qui ont pu précéder leur asservissement à l'homme. Chaque troupe de chevaux sauvages, il est vrai, a pour chef un étalon qui conduit à sa suite tous les individus dont se compose le troupeau ; mais lorsqu'un cheval, devenu domestique, a passé de main en main, et qu'il a servi plusieurs maitres, il devient également docile envers tout le monde, adoptant, pour ainsi dire comme chef la race humaine tout entière.

Chaque troupe d'éléphants sauvages a un chef qui guide ses mouvements avec une extrême prudence, et prend soin qu'aucun de ses compagnons ne s'écarte du troupeau. Dans l'Inde, cet animal ne se reproduit pas en captivité, quoique, suivant M. Crawfurd, à l'est d'Ava, où l'on laisse les femelles errer dans les forêts avec quelque liberté, elles reproduisent parfaitement bien à l'état semi-domestique. En général, il a été trouvé moins dispendieux de ne prendre les individus sauvages, dans les forêts, que lorsqu'ils ont acquis leur entière croissance ; peu d'années, et même quelquefois, dit-on, peu

(1) *Mém. du Mus. d'Hist. Nat.*

de mois après, leur éducation est complétement terminée. Ceux qui ont eu l'occasion d'observer ces animaux dans leurs forêts natives ne sont nullement surpris de la sagacité qu'ils déploient après qu'ils ont accepté les exigences de la société de l'homme ; et l'obéissance qu'ils lui accordent n'est pas le résultat d'instincts nouvellement acquis, mais la simple adaptation de facultés qui leur sont propres à l'état sauvage.

Dans certaines races, celles du gros bétail, des chèvres et des cerfs, par exemple, la domesticité des animaux qu'on obtient à la suite d'amendements et d'améliorations dus à une sélection continuée pendant deux ou trois générations, constitue un autre changement dont il faut craindre d'exagérer l'importance. Les premiers sauvages qui visitèrent de nouveaux districts durent trouver la plus grande partie des animaux libres de toute appréhension de danger de la part de l'homme. M. Darwin rapporte que dans les îles Galapagos, situées immédiatement sous l'équateur, et à plus de 200 lieues à l'ouest du continent Américain, tous les oiseaux terrestres, tels que les bouvreuils, les pigeons, les faucons, et divers autres oiseaux, sont tellement familiers avec l'homme qu'on peut les atteindre avec une baguette. « Un jour, dit cet auteur, un moqueur vint s'abattre sur le bord d'une cruche que je tenais à la main, et se mit tranquillement à y boire, puis se laissa enlever avec le vase. » Cependant, autrefois, lorsque les premiers Européens abordèrent dans ces îles, où ils ne trouvèrent point d'habitants, les oiseaux étaient encore moins farouches qu'à présent. Déjà, ils commencent à acquérir cette crainte salutaire de l'homme qui, dans les contrées depuis longtemps civilisées, est naturelle même aux jeunes oiseaux, à qui pourtant on n'a jamais fait de mal. C'est ainsi que dans les îles Falkland, les oiseaux et les renards n'ont aucune peur de l'homme ; tandis que dans le continent voisin de l'Amérique du Sud, un grand nombre d'oiseaux appartenant aux mêmes espèces sont extrêmement sauvages ; ce qu'expliquent les atta-

ques incessantes auxquelles, pendant plusieurs siècles, ils ont été en butte de la part des habitants (1).

Le docteur Richardson relate dans l'histoire intéressante qu'il a publiée sur les mœurs des animaux de l'Amérique du Nord, que « sur les points retirés des montagnes où les chasseurs ont rarement pénétré, les béliers des Montagnes Rocheuses présentent *la simplicité de caractère si remarquable dans l'espèce domestique*, et se laissent approcher sans aucune difficulté ; mais que dans les lieux où ils ont été souvent attaqués avec des armes à feu, ils sont excessivement sauvages ; qu'à l'approche du danger, ils donnent l'alarme à leurs compagnons, par une sorte de sifflement, et escaladent les rochers avec une vitesse et une agilité qui déjouent toute poursuite (2).

Les variétés rendues à l'état sauvage ne reprennent pas exactement les caractères de leur souche originelle. — C'est une opinion ancienne et généralement reçue que si des animaux domestiques et des plantes cultivées sont abandonnés par l'homme et laissés libres de revenir à l'état sauvage, ils redeviennent exactement semblables à leur souche parente originelle. Mais il paraît que cela n'est vrai que jusqu'à une certaine limite. On a déjà remarqué, en effet (p. 359), que ces animaux marrons ne peuvent lutter avec leurs pareils, dans le combat pour l'existence, qu'à la condition de perdre la plupart des caractères qu'ils avaient acquis dans un état de domesticité.

Nos porcs à engraissement rapide, dit M. Wallace, nos moutons à courtes jambes, nos bœufs sans cornes et nos pigeons grosses-gorges seraient bientôt anéantis si la protection de l'homme cessait de veiller sur eux. Après un petit nombre de générations, le sanglier, livré à lui-même et forcé de chercher sa nourriture, recouvre ses longs crocs et le plein exercice de tous ses organes ; il fait également retour, par la

(1) *Darwin's Journal in Voyage of H. M. S. Beagle*, p. 475.

(2) *Fauna Boreali Americana*, p. 273.

forme générale du corps, la longueur des jambes et du groin, vers le type du sanglier sauvage.

Cette reversion vers la souche parente, dit M. Darwin, est probablement plus complète chez cet animal que chez toutes les autres espèces domestiquées, rendues à l'état sauvage, mais il n'existe pas de preuve qu'elle atteigne jamais une ressemblance parfaite. On connait deux types principaux du porc domestique, — l'un que l'on suppose descendre du *Sus scrofa* Européen, et l'autre du *Sus Indica* Indien. Ces variétés ou espèces n'ont jamais été distinguées à l'état libre, et les porcs sauvages de l'Amérique du Sud, de la Jamaïque et de la Nouvelle-Grenade offrent tous entre eux différentes particularités (1). Sous l'influence d'un autre climat et de conditions nouvelles, ces espèces varient, et ne peuvent se maintenir qu'en acquérant de nouveau la plupart des caractères perdus qui appartenaient à l'espèce sauvage originelle.

On croit assez généralement que lorsque les graines des arbres fruitiers et des végétaux de jardin lèvent dans des sols non cultivés, les plantes font retour à la souche sauvage originelle; mais le docteur Hooker observe que le fait n'est pas rigoureusement vrai. Elles dégénèrent et meurent quelquefois; souvent elles deviennent rabougries, et poussent jusque-là leur ressemblance avec les progéniteurs sauvages, mais elles ne reviennent pas à leur type originel. Ainsi, la variété de chou appelée « Scotch Kail » et le chou de Bruxelles, si on néglige leur culture, finissent par avoir avec le *Brassica oleracea* sauvage une différence égale à celle qu'ils montrent entre eux. De même, nos plus belles espèces de pommes, si elles proviennent de semis, dégénèrent et prennent les caractères de la pomme sauvage; mais, dans ce cas, elles deviennent sauvageons correspondant aux variétés auxquelles elles appartiennent, et ne font pas retour vers le pommier sauvage

(1) Darwin, *De la variation*, chap. III.

originel. Tout ce que nous venons de dire s'applique également, sur une grande échelle, aux roses cultivées, au fraisier, au framboisier, et à la plupart des fruits de nos jardins (1). En conséquence, ce botaniste expérimenté arrive à conclure, qu'une variété ne perd jamais ses caractères assez complétement, pour qu'on ait le droit de ne plus la considérer comme telle.

Combien les races domestiques diffèrent des espèces sauvages dans leur faculté à s'entre-croiser. — Hybridisation des animaux et des plantes. — Voici le moment de revenir à une question qui a été posée au commencement de ce chapitre, c'est-à-dire à celle du libre croisement de toutes les races produites artificiellement, et de la différence réelle que cette faculté constitue évidemment entre ces races et les espèces sauvages les plus proche-alliées.

On ne compte pas moins de 288 espèces sauvages de la famille pigeon (*Columbidæ*) (2) ; et, bien que quelques-unes de ces espèces se rapprochent beaucoup les unes des autres par leurs caractères, elles ont, refusé, malgré tous les efforts tentés jusqu'à ce jour, de s'apparier entre elles, présentant à cet égard un contraste marqué avec ces races domestiques, qui, ainsi que nous l'avons déjà dit (p. 369), au cas qu'on les eût trouvées à l'état sauvage, eussent été classées par les ornithologistes comme de véritables espèces, malgré leurs dispositions à s'accoupler librement et à produire une descendance féconde.

Toutes les diverses races de chiens domestiques se croisent librement, et, d'après l'opinion déjà citée de John Hunter, le chacal et le loup doivent être classés comme faisant partie de la même espèce, parce que leur croisement donne lieu à des métis féconds. L'aptitude au croisement a souvent été proposée comme étant le meilleur moyen pour démontrer pratique-

(1) Hooker, *Flora of Australia*, p. 9.
(2) C. L. Bonaparte, cité par Darwin, *De la variation*, trad. franç., t. I, p. 141.

ment la distinction réelle des espèces. Les expériences les plus connues se rapportent à la progéniture croisée du cheval et de l'âne; elles ont prouvé que le mulet peut engendrer, et que la mule peut produire. C'est ce qui arrive en Espagne et en Italie, et plus fréquemment aux Antilles et à la Nouvelle-Hollande; mais ces mulets n'ont jamais multiplié dans les climats froids, rarement ils se sont reproduits dans les régions chaudes et plus rarement encore dans les contrées tempérées. Quoi qu'il en soit, on ne connait pas d'exemple de l'accouplement de la mule avec le mulet.

La progéniture hybride de l'ânesse et du cheval, le γιννος d'Aristote, et le *hinnus* de Pline, diffère du mulet, c'est-à-dire de la progéniture de l'âne et de la jument. Dans ces deux genres d'hybrides, dit Buffon, les individus tiennent plus de la mère que du père, non-seulement sous le rapport de la taille, mais aussi sous le rapport de la forme; quant à la forme de la tête, des membres et de la queue, il y a plus de ressemblance avec le père. Il parait que l'hybride ou mulet présente rarement un caractère exactement intermédiaire entre les deux individus qui l'ont produit. Ainsi, dans le cours de ses expériences de croisement du chien avec le loup, Hunter a observé qu'un jeune chien hybride ressemblait au loup bien plus que tout le reste de la portée; et Wiegmann rapporte que dans une portée obtenue à la Ménagerie Royale de Berlin, d'un chien d'arrêt blanc et d'une louve, deux petits se rapprochaient du chien-loup ordinaire, tandis que le troisième avait, comme les chiens d'arrêt, les oreilles pendantes.

Les phénomènes d'hybridité offrent dans les plantes un parallèle remarquable avec ceux que l'on observe dans le règne animal; et les cultivateurs nous ont beaucoup plus appris, à cet égard, que les éleveurs, parce qu'ils ont pu faire leurs expériences sur une plus grande échelle, semant en grand nombre les deux espèces dont ils désiraient opérer le croise-

ment, et se consolant de leurs insuccès, par l'obtention de quelques résultats heureux.

Les premières expériences exactes qui aient été faites sur ce curieux sujet sont attribuées à Kölreuter; il obtint une hybride de deux espèces de tabac, *Nicotiana rustica* et *N. paniculata*, qui diffèrent considérablement l'une de l'autre, tant par la forme des feuilles, que par la couleur de la corolle et la hauteur de la tige. Le stigmate d'un pied de *N. rustica*, ayant été fécondé avec le pollen d'un pied de *N. paniculata*, la graine mûrit, et produisit une hybride intermédiaire entre les deux parents, et qui, comme toutes les plantes hybrides élevées par ce botaniste, avait des étamines imparfaites. Il imprégna ensuite cette hybride de pollen de *N. paniculata*, et obtint des plantes qui ressemblaient beaucoup plus à celle-ci qu'à la *N. rustica*. Il continua ainsi pendant plusieurs générations et finit, à force de persévérance, par changer la *Nicotiana rustica* en *Nicotiana paniculata*.

Le mode de croisement qu'il avait adopté consistait à ôter les anthères de la plante destinée à la fructification, avant qu'elles eussent répandu leur pollen, et à mettre ensuite un pollen étranger sur les stigmates. La même expérience a depuis été répétée avec succès par Wiegmann, qui parvint à ramener les hybrides à un état de ressemblance parfaite avec l'un ou l'autre de leurs parents, en les croisant, un nombre de fois suffisant, avec les individus de l'une des souches pures.

Dans plusieurs autres expériences de Wiegmann, le mélange des caractères des souches parentes était complet; la couleur et la forme des feuilles et des fleurs, et jusqu'à l'odeur même, étaient intermédiaires, comme dans les produits croisés des deux espèces de bouillon blanc (*verbascum*). L'oignon commun et le poireau (*Allium cepa* et *A. porrum*), fécondés l'un par l'autre, donnèrent aussi une plante mulet, qui, par ses feuilles et ses fleurs, se rapprochait beaucoup de l'oignon

cultivé, et avait en même temps l'odeur et le bulbe oblong du poireau.

Le même botaniste remarque que, lorsque les végétaux hybrides ne sont pas rigoureusement intermédiaires entre les plantes qui les ont produits, ils se rapprochent plus souvent de l'espèce femelle que de l'espace mâle, ***mais ne présentent jamais de caractères étrangers à toutes deux.*** Un croisement nouveau avec une des souches originelles ramène généralement la plante hybride à une grande ressemblance avec cette souche ; néanmoins, il n'en est pas toujours ainsi, le produit d'un tel croisement continuant quelquefois à offrir le caractère d'une hybride complète.

Gærtner a montré, dans son ouvrage sur l'hybridisation des plantes, que quelques espèces pures qui peuvent être croisées avec la plus grande facilité, produisent des hybrides stériles; tandis que d'autres qu'on ne peut, au contraire, croiser ensemble que très-rarement, ou avec une extrême difficulté, donnent des hybrides très-féconds ; tel est le cas, par exemple, pour les différentes espèces du genre ***Dianthus*** (œillet). Le même botaniste a opéré, à plusieurs reprises, le croisement entre le mouron rouge et le mouron bleu (***Anagallis arvensis*** et ***A. cærulea***), que les meilleurs naturalistes, dit Darwin, rangent comme de simples variétés, et il a trouvé cette alliance absolument stérile. Ces plantes diffèrent non-seulement par la couleur, mais encore par la nervure de leurs feuilles et par la forme de leurs pétales ; de sorte que les botanistes qui, dans le classement des plantes, attachent beaucoup d'importance au fait de la stérilité, en concluent aussitôt, sans avoir fait ordinairement aucune expérience préalable pour baser leur opinion, que ces plantes sont spécifiquement distinctes.

Wiegmann a diversifié, autant que possible, le procédé à l'aide duquel il déterminait parmi les plantes ces unions anomales. Il semait souvent, près les unes des autres, des rangées paral-

lèles des espèces qu'il désirait croiser; mais au lieu de mutiler, comme Kölreuter, les plantes d'un des individus générateurs, il se bornait à enlever le pollen de leurs anthères. Les branches des plantes étaient recourbées avec précaution, les unes vers les autres, et entrelacées; de sorte que le vent et les nombreux insectes, en passant des fleurs de l'une de ces espèces à celles de l'autre, entrainaient le pollen et donnaient lieu à la fécondation.

Lorsqu'on voit quelle activité déploient certains insectes, tels surtout que les abeilles, et plusieurs autres espèces anthophiles, pour transporter de fleur en fleur la poussière anthérique des plantes, on a peine à comprendre comment il ne se produit pas sans cesse, entre espèces différentes, des alliances confuses.

N'observe-t-on pas continuellement aussi avec quelle diligence merveilleuse les abeilles sont occupées à recueillir la poussière rouge et jaune dont les étamines des fleurs sont couvertes, à en charger leurs pattes de derrière, et à la transporter jusqu'à la ruche pour en nourrir leurs jeunes! En pourvoyant ainsi aux besoins de leur progéniture, ces insectes favorisent matériellement le phénomène de la fructification (1). Peu de personnes ont besoin qu'on leur rappelle que dans certaines plantes les étamines ne croissent pas sur les mêmes fleurs que les pistils; et qu'à moins que le sommet du pistil ne soit touché par la poussière fécondante, ni le fruit ne grossit, ni la graine ne mûrit. C'est grâce aux abeilles, aux papillons et à plusieurs autres insectes, que le développement du fruit s'opère chez plusieurs des plantes en question, ces insectes laissant échapper involontairement, lorsqu'ils viennent visiter les pistils, la poussière qu'ils ont recueillie sur les étamines.

Les plantes sont, en majeure partie, hermaphrodites, et

(1) Voir Barton. *On Geography of Plants*, p. 67

cependant M. Darwin, adoptant les idées émises par Andrew Knight, a prouvé expérimentalement que, même avec ces plantes, le croisement de deux individus séparés donne plus de vigueur et de fertilité à la postérité qui en naît, que si les organes femelles ont été fécondés par le pollen des organes mâles du même individu. Il semble que toutes les parties d'une fleur soient disposées de manière à assurer sa fécondation par elle-même, et pourtant la nature emploie les insectes, et plusieurs autres moyens, pour croiser les hermaphrodites avec d'autres individus de la même espèce.

Que de fois ne voit-on pas, aux heures les plus chaudes d'une journée d'été, les mâles des plantes dioïques, telles que l'if, rester séparés des femelles, et envoyer dans l'atmosphère, à l'aide du moindre souffle de vent, des nuages de pollen ! L'intervention si rare du zéphir dans la fécondation des plantes d'une espèce avec le pollen d'autres plantes, semble réaliser ce qu'on raconte du miracle auquel les crédules gardiens des cavales de la Lusitanie ajoutaient tant de foi.

> Ore omnes versæ in Zephyrum, stant rupibus altis
> Exceptant quo levos auras ; et sæpe sine ullis
> Conjugiis, vento gravidæ, mirabile dictu (1).

M. Darwin a découvert que lorsqu'une fleur est fécondée à l'aide du vent, elle n'a jamais une corolle vivement colorée ; mais qu'au contraire, lorsque la fécondation s'opère par l'intermédiaire des insectes, les fleurs, dans le but évident d'attirer l'attention de ceux-ci, se font remarquer par leur couleur et par leurs dimensions.

Quand on songe à la facilité avec laquelle l'horticulteur habile produit des races hybrides, on s'étonne de ne pas rencontrer plus souvent de ces hybrides à l'état de nature ; mais on doit se rappeler que, dans les deux cas, les conditions sont très-différentes.

(1) *Georg.* Livr. III, 273.

Le stigmate s'imbibe lentement, et comme avec répugnance, des granules du pollen d'une autre espèce, même lorsqu'il en est abondamment couvert; et si, à cet instant, la moindre parcelle de poussière anthérique provenant de sa propre espèce vient à tomber sur lui, il l'absorbe aussitôt, et l'effet du pollen étranger se trouve annihilé. De plus, il arrive assez rarement que les organes mâles et femelles de la fructification atteignent précisément au même instant, dans des espèces différentes, le point de maturité. Là même où un tel synchronisme se manifeste, et où, par suite, une imprégnation croisée a lieu, il reste encore beaucoup de chances contre la formation d'une race hybride.

Il est généralement admis, que plus les espèces d'animaux et de plantes s'éloignent les unes des autres sous le rapport de la structure, plus elles se montrent opposées à l'union sexuelle; que les espèces ordinairement classées comme distinctes par le zoologiste et le botaniste, refusent le plus souvent de s'unir, et que lorsqu'on réussit à les croiser et à en obtenir un produit nouveau, les hybrides sont stériles. Chaque fois que deux races, regardées par plusieurs comme de vraies espèces, produiront des hybrides fertiles, on se trouvera réduit à opter entre les deux alternatives suivantes: ou rejeter la preuve de l'hybridité, ou déclarer que les deux espèces, dont l'union a donné pour résultat une progéniture féconde, étaient de pures variétés. Si l'on adopte la dernière opinion, on se trouve forcé de mettre en doute la distinction supposée vraie de toutes les autres espèces, qui ne diffèrent pas plus entre elles que les parents de ces hybrides prolifiques; car, bien qu'il ne soit pas possible de se procurer immédiatement, dans tous ces cas, une postérité féconde, les expériences démontrent que souvent, après des insuccès répétés, l'union des deux espèces, reconnues comme telles, peut finir, sous l'influence de circonstances très-favorables, par donner naissance à une progéniture fertile.

Deux sortes de faisans, nos espèces communes, ***Phasianus colchicus***, et ***P. torquatus***, s'apparient ensemble, et les hybrides sont parfaitement féconds (1). Les deux espèces de mourons, ainsi qu'on l'a constaté (p. 393), ne peuvent être croisées.

Tendance de diverses races de bétail domestique et de moutons à vivre séparées. — Bien que le chacal et plus d'une espèce de loups se soient croisés avec le chien, et que ce mélange ait, dit-on, contribué quelque peu à la grande diversité de nos races artificielles, on voit pourtant ces mêmes loups et le chacal vivre à part à l'état sauvage. De même, plusieurs races primitives ou sous-espèces de bétail sauvage d'Europe, qui se tenaient séparées aux temps préhistoriques, ont été de nos jours mêlées et confondues ensemble; bien plus, le bétail à bosse de l'Inde a été croisé avec nos variétés domestiques et a produit une descendance féconde. Deux espèces de porc sauvage, le ***Sus scrofa*** Européen et le ***Sus Indica***, ont aussi été mélangées avec quelques unes de nos races domestiques. Il y a cependant tout lieu de croire que de tels croisements ne s'effectueraient pas à l'état de nature, et ils s'expliquent simplement par la préférence que montrent les animaux à s'unir avec d'autres individus de la même race, plutôt qu'avec ceux qui diffèrent considérablement de leur propre type.

Dans le Paraguay, où les chevaux jouissent d'une grande liberté, on a observé que les individus indigènes de même manteau et de même taille préfèrent s'unir entre eux qu'avec d'autres chevaux importés. En Circassie, les chevaux appartenant à trois sous-races distinctes, refusent presque toujours, lorsqu'ils sont mis en liberté, de se mêler et de se croiser. On a remarqué, dans un district où se trouvaient de gros moutons du Lincolnshire et des moutons légers du Norfolk, que les deux variétés, bien qu'élevées ensemble, ***se séparaient***

(1) Darwin, *Origine des espèces*, 3e édit. franç., p. 314.

promptement, aussitôt qu'on les envoyait aux champs, les Lincolnshires recherchant les sols riches, les Norfolks les sols légers et secs; et tant que l'herbe était abondante « les deux races se tenaient à part comme l'auraient fait des milans et des pigeons. » Dans ce cas, différentes habitudes tendent à maintenir les races distinctes (1).

Une nouvelle race de moutons dont l'origine a été rapportée dans les *Transactions philosophiques* de l'année 1813, fournit aussi un exemple de la disposition à vivre à part que montrent des variétés même proche-alliées. Le Professeur Huxley a cité le même fait comme une preuve de la forte tendance qu'a à se perpétuer une variété nouvellement issue. « Un fermier de Massachussets possédait un troupeau composé de quinze brebis et d'un bélier d'espèce ordinaire. En 1791, l'une des brebis gratifia son maître d'un agneau mâle, différant de ses parents par un corps disproportionnellement allongé, et des jambes courtes et tordues; — conformation qui rendait l'animal incapable de franchir les clôtures environnantes, comme le faisait sa famille, dans les ébats auxquels elle se livrait beaucoup trop, au grand déplaisir du bon fermier. Les voisins de notre homme, pensant que ce serait une excellente chose si son troupeau pouvait acquérir les dispositions sédentaires imposées par la nature au bélier nouvellement arrivé, conseillèrent à Wright de tuer le vieux patriarche de la bande, et d'installer à sa place le bélier Ancon. Le résultat justifia leur prévision pleine de sagacité. Les jeunes agneaux furent presque toujours des Ancons purs ou des moutons purs ordinaires, et lorsque les Ancons se trouvèrent en nombre suffisant pour s'entre-croiser, on reconnut que les produits étaient toujours de purs Ancons. Dans ce cas très-authentique, on voit s'établir tout d'un coup, et comme par jaillissement, une race distincte, pure et se croisant librement. Mélangés dans les en-

(1) Darwin, *De la variation*, t. II, chap. XVI, p. 110, traduct. franç., citation de Marshall.

clos avec d'autres moutons, les Ancons se séparaient du reste du troupeau pour faire bande à part, ce qui fit croire qu'on pourrait indéfiniment élever cette race avec avantage ; mais ils ont été remplacés par les mérinos qui leur sont supérieurs par la qualité de la laine et de la viande, et qui leur sont égaux par leurs dispositions paisibles (1).

Pallas, sur la domesticité éliminant la stérilité. — Corrélation de croissance. — Pallas a remarqué que la domestication élimine la tendance à la stérilité qui est si générale chez les espèces proche-alliées, à l'état de nature. A ce sujet, M. Darwin observe que plusieurs animaux, apprivoisés ou subjugués par l'homme, refusent de se reproduire en captivité, bien qu'ils jouissent d'une santé parfaite. Tels sont, par exemple, le tigre, dans l'Inde, les perroquets, en Europe, et l'éléphant — ce dernier, à moins que, comme dans l'Assam, on ne le laisse errer dans les bois à l'état moitié sauvage. Ce fait démontre combien il est facile de déterminer la stérilité quand on vient à contrarier des habitudes depuis longtemps fixées, ou la plupart des conditions de l'existence à l'état sauvage. Quant aux espèces qui se plient très-aisément aux circonstances nouvelles qui surgissent de leur association avec l'homme, et qui s'acclimatent sous toutes les zones, elles montrent dans leurs organes de reproduction une plasticité semblable de caractères.

On ne saurait avoir, toutefois, la prétention d'expliquer d'une manière satisfaisante la tendance qu'a la domestication à augmenter la vertu prolifique des animaux et des plantes. Quant à l'effet de la condition opposée, ou d'un retour vers l'état sauvage, le fait suivant est digne de remarque. Vers l'année 1419, quelques lapins furent introduits dans l'île de Porto Santo, où ils se sont multipliés excessivement, et n'ont cessé de prospérer, à l'état sauvage, depuis cette époque. Sous

(1) Huxley, *Westminster Review*, 1860. Article sur l'ouvrage de Darwin, *De l'origine des espèces*.

le rapport de plusieurs de leurs caractères, ils constituent une race tranchée, qui est plus petite que la souche parente originelle. Lorsqu'on transporta deux mâles de cette espèce au Jardin Zoologique de Londres, ils refusèrent de s'apparier avec aucune variété de lapins domestiques ; leur isolement, continué pendant plusieurs générations dans des conditions géographiques particulières, ayant sans doute déterminé chez ces animaux une répugnance irrésistible à se croiser avec des races même proche-alliées.

Si l'intervention de l'homme réussit à croiser deux espèces sauvages, telles que le loup et le chacal, et à en obtenir des produits reconnus féconds, ce résultat est de nature à ébranler notre confiance dans la théorie qui admet que les espèces ont été mutuellement douées de stérilité dans le but spécial de se conserver distinctes. Il est certainement fort étrange que lorsque des races domestiques ont pu être modifiées au point que, trouvées à l'état sauvage, elles eussent été rapportées par des naturalistes à des genres différents, on n'ait encore découvert dans leurs produits hybrides, aucun exemple bien authentique d'une légère propension à la stérilité. Le fait paraîtra tout à fait incroyable, si l'on admet avec M. Darwin, que l'organisation d'un animal est tellement homologue dans son ensemble, que des variations, même légères, dans une de ses parties, entraînent ordinairement des changements dans toutes les autres.

Parmi les nombreux exemples que l'auteur donne à l'appui de ce principe qu'il appelle « corrélation de croissance » dans son *Origine des espèces*, et « variabilité corrélative » dans son dernier ouvrage, il rapporte que les pigeons à pattes emplumées ont leurs doigts externes réunis par la peau, que les pigeons à bec court ont des pattes courtes, et que ceux à bec long ont des pattes longues. « Certains cas, dit-il, sont excessivement curieux ; ainsi, les chats complétement blancs et qui ont des yeux bleus, sont presque toujours sourds », et il cite

l'exemple d'un œil de chat à iris bleu qui, au bout de quatre mois, prit une couleur foncée, en même temps que l'animal commençait à entendre (1).

Si la stérilité des hybrides est due, comme le pense le même naturaliste, à l'imperfection de leurs organes reproducteurs, provenant du mélange de deux structures et de deux constitutions différentes qui dérange l'embryon et s'oppose à son développement, on devait s'attendre à ce que les différences qui affectent toujours, dans la plupart des animaux vertébrés, non-seulement la forme extérieure et générale du corps, mais encore celle du crâne, ainsi que les instincts et les habitudes, seraient suivies, lorsqu'on viendrait à croiser ces variétés fixes, d'une perturbation dans les organes reproducteurs, et, par suite, de la stérilité chez les hybrides.

Il faut se rappeler, en même temps, que les plus grands changements apportés dans les races sont le fruit de la sélection, que l'homme n'a jamais eu pour objet de modifier les organes reproducteurs en vue de former deux races mutuellement stériles, et qu'en lui supposant le désir de l'essayer, il n'eût jamais su comment s'y prendre. De plus, nous avons vu comment il est possible de modifier le feuillage des plantes sans altérer leurs graines, ou de changer leurs graines, fruits ou fleurs, sans affecter le caractère des racines et des feuilles. D'où suit le fait bien établi, qu'en dépit de la « corrélation » nous avons le pouvoir de modifier considérablement certains organes, — d'autres organes sur lesquels n'a pas porté notre attention pouvant rester, presque ou complétement, invariables. Dans le prochain chapitre, où nous traiterons de la Sélection Naturelle, nous aurons encore à examiner comment on peut supposer que, dans le cours des siècles, les variétés d'espèces sauvages ont pu diverger les unes des autres et de leur souche mère, au point de ne pouvoir être croisées ; et cela,

(1) Darwin, *De la variation*, trad. franç., t. II, p. 351. Docteur Sichet cité.

CHAPITRE XXXVII.

SÉLECTION NATURELLE.

Comparaison de la sélection naturelle avec la sélection artificielle. — Tendance de chaque espèce à se multiplier au delà des moyens de subsistance. — Des termes *sélection* et *survivance des plus aptes*. — Grand nombre et diversité des conditions naturelles d'existence dont dépend la constance ou la variation d'une espèce. — Acclimatation des espèces. — Avantages du croisement entre des variétés légèrement différentes. — Inconvénients de la reproduction consanguine. — Plantes hybrides sauvages, et opinion de Linné sur les plantes protéennes. — De Candolle sur les hybrides sauvages. — L'hybridité n'explique pas les instincts spéciaux. — Les espèces des genres polymorphes plus variables et comparativement modernes. — La génération alternante n'explique pas l'origine des espèces.

Comparaison de la sélection naturelle avec la sélection artificielle. — Dans le dernier chapitre, nous avons parlé des grands changements que l'homme, dans le cours de plusieurs générations, a apportés dans la forme et dans les caractères des animaux et des plantes, en faisant choix de certaines variétés utiles d'une espèce, et les élevant, à l'exclusion d'autres variétés moins profitables, ou moins conformes à ses goûts. En suivant cette méthode, il a accumulé des différences pendant des générations successives, jusqu'à ce qu'il ait formé de nouvelles races aussi distinctes par la configuration extérieure, et souvent par la structure interne des organes importants, que la plupart des espèces que l'on rencontre dans la nature. Toutefois, les races ainsi produites artificiellement se distinguent des espèces sauvages par la fécondité des descendants qui résultent de leur union.

Nous commencerons par étudier les modifications qui s'effectuent dans les espèces, à l'aide de la variation et de ce que M. Darwin a appelé « la sélection naturelle » — méthode dont nous avons donné une courte analyse dans le chapitre XXXV ; et nous examinerons ensuite jusqu'à quel point, dans la formation de nouvelles races, l'éleveur, l'agriculteur et le jardinier ne font qu'imiter un procédé qu'emploie la na-

ture, pour produire, dans un laps de temps beaucoup plus considérable, des déviations bien plus importantes du type originel.

Nous sommes profondément ignorants, ainsi que l'admet M. Darwin, des lois qui régissent le pouvoir dont nous jouissons de produire la variabilité; et si, comme cela paraît probable, ces lois embrassent le principe de développement progressif, expliqué dans le premier volume (chap. IX), elles doivent être d'une nature si élevée et si transcendante, qu'il faut désespérer de jamais les connaître. Or, en admettant le fait incontestable, qu'il existe, dans tous les animaux et dans toutes les plantes, une tendance à posséder des particularités qui différencient les individus les uns des autres et de leurs parents, pourquoi ne pas attribuer à des forces agissant dans le monde organique et inorganique, pendant des milliers ou des millions de générations, l'origine de nouvelles races, qui varient de plus en plus dans une certaine direction, jusqu'à ce qu'elles finissent par constituer des espèces? Si tel était le procédé de la nature, il ressemblerait tout à fait à ce genre de sélection humaine, appelée « inconsciente », et qui, longtemps prolongée, est même plus efficace que la sélection méthodique.

Tendance de chaque espèce à se multiplier au delà des moyens de subsistance. — Il a été déjà constaté que s'il était permis à tous les descendants de chaque animal et de chaque plante d'arriver à la maturité, une seule espèce couvrirait bientôt toute la surface habitable du globe. Malthus avait déjà dit, à propos de l'homme, que si l'accroissement rapide de notre espèce n'était entravé par la rareté des subsistances, la terre n'aurait bientôt plus de place pour contenir les descendants d'un seul couple. L'éléphant, dit Darwin, que l'on sait être le plus lent à se reproduire de tous les animaux connus, se multiplie cependant de telle sorte, qu'en supposant qu'il ne commence à donner des jeunes qu'à l'âge de trente

ans, et qu'il ait produit, à quatre-vingt-dix, seulement trois couples de petits, on aurait, au bout de cinq cents ans, quinze millions d'éléphants vivants descendus de la première paire.

Dans le rude et perpétuel combat pour l'existence, les variétés ou espèces jouissant d'un avantage quelconque, même le plus léger, seront les seules qui survivront. Il se peut que ces espèces endurent mieux que les autres le froid ou le chaud, l'humidité ou la sécheresse, qu'elles aient la force ou l'agilité pour échapper aux ennemis qui font tant de victimes parmi leurs congénères; mais, leur importante affaire sera, ainsi qu'on l'a déjà observé, de pouvoir subsister pendant cette saison de l'année où la nourriture devient la plus rare.

Des termes « Sélection naturelle » ou « Survivance du plus apte. » — M. Herbert Spencer a proposé de substituer au terme de « Sélection naturelle », celui de « Survivance du plus apte ou mieux doué (1); » expression qui est souvent très-juste, et que préfèrent certains naturalistes, parce que les diverses causes qui, dans le monde naturel, font prédominer une variété ou une race sur une autre, agissent suivant des lois fixes, et n'impliquent pas un choix conscient comme la sélection de l'éleveur. Mais la métaphore employée par Darwin me paraît légitime et souvent avantageuse, en ce qu'elle nous rappelle l'étroite analogie qui existe entre le procédé suivi par l'homme pour former de nouvelles races et celui dont se sert la nature pour, d'après Darwin et Wallace, les produire lentement. Le Professeur Huxley, dans ses commentaires sur ce sujet, observe que les vents et les vagues du golfe de Biscaye, situé dans le département des Landes, près de Bordeaux, ont étalé, sur une vaste étendue, de grands amas de sable dont les grains ne dépassent pas une certaine grosseur. Ces grains ont été séparés du gravier plus grossier avec autant de précision que s'ils l'avaient été à l'aide d'un tamis. Ce que le vent et la

(1) *Principles of Biology*, p. 144.

mer sont à la plage sablonneuse, la somme de toutes les influences que nous comprenons sous la dénomination de conditions d'existence l'est aux organismes vivants. Les faibles sont séparés des forts. Une nuit de gelée opère, dans une plantation, le triage des plantes robustes et des plantes délicates, absolument comme le ferait la main d'un jardinier intelligent qui trancherait les organismes les plus débiles (1).

Nombre des conditions dont dépend la constance ou la variation d'une espèce. — Si le lecteur récapitule les modifications qui, dans le cours des périodes géologiques, ont dû s'effectuer, ainsi que nous l'avons vu dans le premier volume (chapitres XI et XII), relativement au climat et à la géographie physique de la terre, il ne manquera pas de remarquer que les nouvelles conditions auxquelles doivent être exposés les animaux et les plantes d'une province donnée, seront bien plus importantes, dans leur ensemble, que les circonstances variées auxquelles l'homme peut assujettir, dans quelques milliers d'années, un animal ou une plante domestique.

Si l'on essaye d'énumérer toutes les conditions que M. Herbert Spencer a désignées en général par le terme concis de « entourage » d'une espèce, on voit que leur nombre est presque infini. Il comprendrait non-seulement la température moyenne de l'air ou de l'eau, mais la chaleur ou le froid extrême aux diverses saisons de l'année, la quantité et l'intensité de lumière solaire à différentes époques, le nombre des jours secs et des jours pluvieux, la quantité de neige et de glace, la direction et la force du vent, la pression de l'atmosphère et son état électrique, la nature du sol et son élévation au-dessus du niveau de la mer, les habitudes, instincts et propriétés de centaines de plantes et d'animaux contemporains, amis ou hostiles, l'abondance ou la rareté comparative des espèces dont dépend la nourriture d'un animal ou d'une

(1) Nat. Hist. Rev., *On Origin of species*, p. 578.

plante donnée, — circonstances qui, pour la plupart, échappent complétement au contrôle de l'éleveur et de l'horticulteur, mais sont toutes mises en jeu par la sélection naturelle avec une uniformité et une persistance que l'homme ne saurait égaler.

Le docteur Hooker a constaté que, dans les monts Himalayens, les plantes florifères se trouvent jusqu'à la hauteur moyenne et verticale de 1,200 mètres, et que les limites supérieures et inférieures de quelques espèces sont distantes les unes des autres même de 2,400 mètres. Si l'on transplante dans nos jardins anglais des individus pris aux limites supérieures de ces montagnes, ils se montrent plus robustes et plus aptes à résister au climat plus froid de l'Angleterre, que ceux que l'on a transportés des régions inférieures ou plus chaudes. Cette acclimatation a été le résultat d'une sélection naturelle s'effectuant pendant des milliers de générations. La constitution physiologique de la plante a été modifiée, et il s'est formé une race vigoureuse, bien que le changement n'ait pas été suffisant pour l'élever au-dessus d'une variété. Elle subira peut-être quelques légers changements sous le rapport de la couleur de ses fleurs, et, si elle est de nature décidue, quant à l'époque de la tombée de ses feuilles et de ses habitudes générales de croissance ; mais, dans tous les cas, ses caractères ne seront pas assez tranchés pour que le botaniste soit conduit à la classer au-dessus de ce qu'on appelle une variété géographique. En cela, celui-ci peut être principalement guidé par son habileté à suivre, dans les individus habitant toutes les hauteurs intermédiaires, un passage graduel d'un point extrême de la série à un autre.

Avantages du croisement entre variétés peu différentes. — Une expérience intéressante et qui n'a pas encore été faite, serait de croiser des individus pris sur le point inférieur de la montagne avec les races plus robustes qui se sont formées par acclimatation dans les régions supérieures, et de s'assurer si

elles produisent autant de graines que les individus fertilisés par le pollen des plantes de la même station. Si de pareils croisements venaient à donner quelques signes d'une stérilité comparative, ce serait un indice qu'il y a commencement naturel du caractère qui distingue les espèces sauvages des races formées artificiellement. Il y a tout lieu de croire, toutefois, qu'avant l'apparition dans leurs produits de quelque difficulté de croisement, ou de quelque diminution de fécondité, les races doivent se séparer assez les unes des autres pour que leur distinction, au point de vue spécifique, soit déjà une question à débattre avec les naturalistes. C'est là, en effet, le premier obstacle qui se présente, quand on essaye de rapporter la formation graduelle d'une nouvelle espèce à la variabilité et à la sélection naturelle. Si quelque degré de stérilité venait à paraître dans les descendants de variétés légèrement différentes, et si ce manque de fécondité allait en augmentant à mesure que la déviation de la souche commune devient de plus en plus marquée, on comprendrait que des espèces étroitement alliées, habitant la même région, restassent distinctes. Mais les faits donnent un résultat tout à fait opposé; car les variétés légèrement différentes ne montrent aucune répugnance à s'unir *inter se* et à propager leur race; et leur entre-croisement qui s'opère librement infuse une vigueur nouvelle et un surcroît de fécondité dans les espèces. Les individus du type normal sont toujours les plus nombreux, et les variétés légèrement différentes ne tardent pas ordinairement à se fondre dans la masse générale, de manière à faire disparaître tous les caractères nouveaux. Dans les cas où les races sont tellement séparées qu'on pourrait les prendre pour des espèces distinctes, il suffit de croiser, pendant six ou huit générations successives, leurs métis ou hybrides avec des individus purs de l'une des deux souches parentes, pour effacer toute trace de l'immixtion étrangère. C'est ainsi que s'est fréquemment vérifiée l'absorption mutuelle de l'une par l'autre

des races Nègre et Européenne, à la suite d'un certain nombre d'entre-croisements avec l'une des deux souches. L'efficacité du principe dont nous avons parlé, qui dispose les espèces à se croiser librement pendant des siècles, et contrarie la tendance arbitraire de déviation, malgré les variétés nombreuses qui surgissent dans chaque génération, est de toute évidence ; la seule difficulté qui existe, c'est de concevoir comment, avec cette propension qu'a chaque forme divergente à se fondre dans le type normal, il peut jamais s'établir une espèce nouvelle et permanente. Ce résultat semblerait exiger un isolement prolongé sous des conditions particulières, qui peuvent se rencontrer dans différentes parties du même continent, ou plus fréquemment encore dans différentes îles du même archipel. Mais nous avons encore à apprendre à quel degré de divergence doivent atteindre deux races issues de la même souche, avant qu'elles témoignent d'une répugnance marquée à s'entre-croiser, et jusqu'à quel point doit être poussée cette répugnance pour que les produits du croisement se montrent stériles.

Effets nuisibles de la reproduction consanguine prolongée. — Nous avons déjà vu que certaines races domestiques témoignent d'une préférence marquée pour les individus de leur type ; et il a été parfaitement constaté, d'autre part, que la reproduction consanguine, ou « en dedans » (*breeding in and in*), trop prolongée, entraîne des effets nuisibles.

Le bétail à moitié sauvage qui est conservé depuis quatre, cinq siècles, ou plus, dans les parcs anglais, tels que ceux de lord Tankerville et du duc de Hamilton, où le nombre total des individus varie de soixante à quatre-vingts, est relativement moins fécond que le bétail sauvage en troupeaux énormes de l'Amérique du sud. Or, même dans ce dernier cas, on croit à la nécessité d'introduire occasionnellement des animaux provenant d'autres localités éloignées, pour empêcher la dégéné-

rescence, tant sous le rapport de la taille que sous celui de la fécondité (1). Il doit y avoir eu dans le bétail des parcs de Chillingham et de Hamilton une diminution considérable dans la taille, depuis les temps anciens, puisque le professeur Rütimeyer a montré qu'il descend du gigantesque *Bos primigenius*. Le bétail de Chillingham est blanc, mais cette particularité est due à la sélection naturelle, les veaux à coloration foncée qui apparaissent parfois étant détruits. Le bétail redevenu sauvage dans les Pampas du Texas, ou en Afrique, a repris un manteau d'un rouge foncé presque uniforme (2). Une race monstrueuse, nommée Niatas, que M. Darwin a observée sur les rives de la Plata, a le front court et large; elle offre aussi d'autres particularités à l'égard de la forme du crâne, ainsi que du prolongement et de la courbure de la mâchoire inférieure. En fait, dans cette variété, il n'y a presque pas un os qui présente la même forme que ceux du bœuf commun. Cette race, qui dure depuis au moins un siècle, nous offre un excellent exemple de la manière dont une variété tranchée peut se former à l'état presque sauvage, et de la tendance que montre toute race nouvelle, lorsqu'elle est mise en contact avec d'autres races, à se conserver distincte. Cette même tendance peut servir à expliquer comment, dans le cours de plusieurs générations, et en l'absence de toute intervention de la part de l'homme, il peut se produire une divergence plus grande d'un type commun et une aversion plus prononcée pour l'union sexuelle. Si le laps de temps nécessaire à ces transformations est très-considérable, l'extinction des races intermédiaires aura lieu, et, par suite, surgira un nouvel obstacle au mélange des types les plus proches alliés.

En traitant de ce sujet, M. Darwin nous rappelle qu'un léger changement dans les conditions extérieures est généralement reconnu comme très-avantageux aux animaux domes-

(1) Darwin, *De la variation*, trad. franç., vol. I, p. 127. Azara cité.
(2) *Ibid.*, vol. II, p. 91.

tiques et aux plantes cultivées, bien que des modifications considérables aient un effet nuisible. Ainsi, pour ce qui est de l'homme, une personne valétudinaire qui, pour sa santé, aurait tout avantage à quitter l'Angleterre pour le sud de la France ou Madère, pourrait trouver la mort si elle se rendait à Fernando Po. Il est facile de concevoir que, bien que le croisement, dans la plupart des variétés d'animaux domestiques et de plantes cultivées, augmente la vigueur et la fécondité des produits, la variation peut, à l'état de nature, et dans le cours des siècles, être portée assez loin pour modifier les organes reproducteurs et rendre impossible la formation d'un germe hybride fécond (1).

Nous avons dit que plusieurs animaux apprivoisés refusent de se reproduire en captivité, et cette circonstance démontre que le système reproducteur peut être affecté par un changement dans les conditions naturelles d'existence. Enfin, l'on conçoit parfaitement que des modifications plus importantes, ou même égales à celles dont nous venons de parler, soient capables, en se continuant avec une intensité uniforme pendant plusieurs milliers de générations, d'amener la stérilité mutuelle de deux races ou espèces alliées.

Si ce point de divergence avait été atteint par l'éleveur ou l'horticulteur, la possibilité de faire dériver une nouvelle espèce d'un ancien type, à l'aide d'une déviation graduelle de celui-ci, cesserait presque d'être une question discutable en histoire naturelle.

Nous avons fait allusion à l'extinction des variétés intermédiaires ; elle repose très-probablement sur le principe parfaitement formulé par Darwin, que pour avoir sur une surface donnée le plus grand nombre d'individus vivants, il faut que ces individus appartiennent à un grand nombre de types très-différents ; et ce qui est vrai des genres doit l'être quelque-

(1) Darwin, *De la variation*, chap. XVIII.

fois des races d'une espèce. Il y aura de la place pour les êtres qui représentent les limites extrêmes d'une série, mais elle ne sera pas aussi étendue pour ceux qui présentent des caractères intermédiaires.

Plantes hybrides sauvages, et opinion de Linné sur les genres protéens. — Si les espèces sauvages ne se refusaient pas à l'entre-croisement, ou si leurs produits hybrides n'étaient pas presque toujours stériles, il est évident qu'après un petit nombre de générations, il y aurait fusion de tous les types existants, et qu'on verrait régner partout cet état de confusion qu'on rencontre seulement dans certains cas exceptionnels.

Linné fait souvent allusion, dans ses écrits, à la rencontre accidentelle des genres protéens, ou polymorphes, ainsi qu'on les appelle quelquefois, où l'on trouve un grand nombre d'espèces étroitement alliées. Il n'a pu réussir évidemment à concilier les faits avec son dogme de l'invariabilité des espèces créées à l'origine des choses. Dans un discours d'ouverture prononcé, en 1761, à l'université d'Upsala (1), il donna une liste de près de trente genres « prolifiques » de plantes, dans lesquels les espèces sont d'une valeur douteuse ou suspecte ; il énuméra entre autres, les saules et les saxifrages d'Europe, les chênes et les asters de l'Amérique septentrionale, les cactus de l'Amérique du sud, les bruyères et les immortelles du Cap, genres dans chacun desquels existaient tant de gradations intermédiaires entre ce qu'on appelle ordinairement espèces alliées, que leur origine donnait lieu à un curieux sujet d'étude. Il examinait jusqu'à quel point l'hybridisation pouvait rendre compte de cette énigme ; et, l'esprit préoccupé de sa nouvelle découverte sur la sexualité des plantes supérieures, il se montrait disposé à exagérer l'importance de cette cause dans la formation de nouvelles formes. Les hybrides, dit-il,

(2) Linné, *Plantæ hybridæ*, 32e dissertation des *Amœnitates Academicæ* ; vol. III, pp. 28, 62.

ne sont pas toujours stériles ; et non-seulement des espèces, mais encore des genres, peuvent être venus de cette source (1). Au reste, dans un grand nombre de passages, lorsqu'il parle d'une espèce comme étant dérivée d'une autre plus ancienne, qu'il donne à des espèces alliées, qui habitent des contrées éloignées les unes des autres, le nom de « sœurs », comme ayant une source commune, et qu'il remarque que plusieurs formes descendent primitivement d'une seule et même souche, il fait évidemment allusion à l'origine des espèces par variation. Dans cette intention, il groupe sciemment plusieurs formes de *Ophryx*, *Valerianella*, *Myosotis*, *Medicago*, et de plusieurs autres genres sous le nom collectif d'espèces, parce que, dit-il, après la comparaison d'un grand nombre d'entre elles, on verra que toutes ces formes sont originaires d'une source unique. Il va même jusqu'à émettre l'idée qu'un jour viendra, peut-être, où les botanistes s'apercevront que toutes les espèces d'un même genre sont issues de la même mère (2).

Tous les botanistes admettent que l'on rencontre parfois, quoique rarement, quelques hybrides à l'état de nature. La *Centaurea hybrida* est produite, suivant Herbert, par l'entrecroisement de deux espèces bien connues de Centaurées, mais cette race hybride ne donne jamais de graines. Le *Ranunculus lacerus*, également stérile, s'est produit accidentellement à Grenoble, et aux environs de Paris, par l'union de deux renoncules ; mais ce résultat n'a été obtenu que dans des jardins (3). M. Darwin s'est dernièrement (pendant l'été de 1867) assuré par l'expérience que le coucou, ou primevère commune, est une hybride naturelle entre la *Primula officinalis* et la

(1) *Novas species, immo et genera ex copulâ diversarum specierum in Regno Vegetabili oriri., etc.* Amæn. Acad. orig. éd. Holm, vol. I, p. 70.

(2) *Tot species dixi congeneres quot eâdem matre sint progenitæ.* Amæn. Acad., vol. VI, p. 12. Deux éminents naturalistes Suédois, les Professeurs Fries et Lovén, ont eu l'obligeance de me signaler ces passages et plusieurs autres, où Linné fait voir qu'il pensait réellement à la variabilité et à la transformation des espèces.

(3) *Hon. et Rev.*, W. Herbert, *Hort. Trans.*, vol. IV, p. 44.

Primula elatior; et il regarde les deux dernières comme deux espèces distinctes. M. Herbert, dans un de ses intéressants mémoires sur les plantes hybrides, cherche à expliquer leur rareté à l'état de nature, par cette circonstances que toutes les combinaisons réalisables ont déjà été faites il y a plusieurs siècles; mais, chaque fois, dit-il, que des espèces, montrant une certaine affinité entre elles, sont transportées de différentes contrées dans nos jardins, et rapprochées pour la première fois, elles donnent naissance à des espèces hybrides (1).

Opinion de De Candolle. — Auguste De Candolle observe, dans son *Essai sur la géographie botanique*, publié en 1820, que les diverses *variétés* de plantes se partagent en deux catégories générales,—celles qui sont dues à des circonstances extérieures, et celles qui résultent de l'hybridité. Après avoir cité plusieurs arguments pour prouver que ni l'une ni l'autre de ces causes ne peut expliquer la diversité permanente qu'on observe dans les plantes indigènes des diverses régions du globe, il s'exprime ainsi à l'égard du croisement des races : — « Je comprends très-bien, sans partager complétement cette opinion, que, dans un pays où se trouvent rapprochées plusieurs espèces des mêmes genres, il peut se former des espèces hybrides, et je sens qu'on peut expliquer par là le grand nombre d'espèces de certains genres qu'on trouve dans des régions particulières ; mais je ne conçois pas comment on pourrait admettre la même explication pour des espèces qui vivent naturellement à de grandes distances. Si, par exemple, les trois mélèzes connus actuellement dans le monde vivaient dans les mêmes lieux, je pourrais croire que l'un d'eux est le produit du croisement des deux autres; mais je ne saurais admettre que l'espèce de Sibérie ait été produite par le croisement de celles d'Europe et d'Amérique. Je vois donc qu'il existe, dans les êtres organisés, des différences permanentes qui ne peuvent être rapportées à aucune des

(1) *Hon. et Rev.* W. Herbert, *Hort. Trans.*, vol. IV, p. 41.

causes actuelles de variation ; ce sont ces différences qui constituent les espèces (1). » Dans ce passage, De Candolle suppose que les causes actuelles de variation ont des limites strictes et définies ; — hypothèse que les partisans de la transformation des espèces trouvent, avec raison, aussi arbitraire que l'opinion rivale ou opposée de la variabilité indéfinie.

L'hybridité ne rend pas compte des instincts spéciaux. — Quant à l'hypothèse que les espèces en général dérivent du mélange d'un nombre limité de souches originelles, qui diffèrent considérablement les unes des autres, elle est en désaccord avec notre propre expérience, car on ne peut obtenir aucun croisement entre des plantes ou des animaux de genres très-distincts. D'un autre côté, il n'est pas facile de comprendre comment des espèces de caractère intermédiaire entre deux types divergents pourraient donner naissance à un produit hybride, qui serait doué des qualités et des instincts propres à le faire se maintenir dans la lutte pour l'existence.

Si nous considérons quelques genres d'insectes, comme l'abeille, nous trouvons que chacune des nombreuses espèces dont ce genre se compose présente quelque différence dans ses mœurs, dans sa manière de recueillir le miel, de construire sa demeure, de prendre soin de ses jeunes, et dans plusieurs autres particularités. Parmi les mouches à miel communes, les travailleuses sont décrites par Kirby et Spence comme étant douées, au moins, de trente sortes différentes d'instincts (2). On voit aussi dans une classe très-nombreuse d'araignées, que ces insectes ont presque autant de manières de faire leurs toiles qu'ils forment d'espèces. Quand on pense à la complication des relations de ces instincts avec les espèces coexistantes, soit du règne animal, soit du règne végétal,

(1) *Essai élementaire*, etc., 3e partie.
(2) *Intr. to Entom.*, vol. II, p. 501, ed. 1817.

on a peine à comprendre comment une race bâtarde peut naitre de l'union de ces espèces, et retenir exactement ce qu'il faut des qualités de chacune des souches parentes, pour se conserver malgré les dangers qui l'entourent.

La théorie de l'origine des espèces par variation et par sélection naturelle serait insoutenable, si l'on n'assignait des degrés très-différents d'ancienneté aux types génériques et spécifiques qui vivent actuellement. Les uns doivent remonter à des périodes géologiques reculées, d'autres doivent être d'une date comparativement moderne. Cette dernière classe comprend les formes dont les représentants vivants se confondent tellement les uns avec les autres, que l'on voit à peine deux naturalistes d'accord sur les lignes de démarcation entre les espèces. Les roses Anglaises nous en offrent un exemple bien connu, M. Bentham n'en admettant que cinq espèces, et le docteur Babington dix-sept. M. Darwin voit dans cette abondance d'espèces étroitement alliées une fabrication active de nouvelles races, et un temps trop court depuis leur origine pour amener l'extinction des variétés qui relient encore les membres divergents de la série ; il remarque aussi que les espèces de ces genres polymorphes sont extraordinairement variables. Quand le lecteur aura lu dans le chapitre XLII le passage relatif à l'extinction des espèces, il comprendra pourquoi, en règle générale, il manque un si grand nombre de chaînons intermédiaires dans la série, et pourquoi les « genres protéens » forment l'exception. L'hypothèse de la création spéciale ne jette aucune lumière sur cette énigme. D'un autre côté, si l'on eût reconnu que des hybrides féconds peuvent naître d'animaux et de plantes éloignés les uns des autres par leur organisation, on expliquait ainsi certainement la rencontre des genres protéens ; mais, dans ce cas, il fallait les admettre universellement répandus, et la condition actuelle du monde animal et du monde végétal devenait alors un mystère plus impénétrable que jamais.

Génération alternante. — La découverte que l'on a faite dans certaines classes d'animaux invertébrés de ce que l'on a désigné sous le nom de « génération alternante » a fait penser à quelques zoologistes que la nature pouvait avoir un mode particulier de susciter brusquement dans le monde, non-seulement des organismes nouveaux, mais encore des types d'êtres organisés, supérieurs à ceux qui préexistaient dans la même classe. Certains polypes Sertulariens mettent au jour d'autres polypes semblables à eux, ceux-ci produisant à leur tour d'autres individus de même forme et de même structure, et ainsi de suite pendant plusieurs générations, jusqu'à ce que, enfin, l'une d'elles donne naissance à une créature d'une organisation plus élevée qui a reçu le nom de Méduse. Les naturalistes regardaient anciennement cette Méduse comme appartenant à un genre ou même à une famille distincte, d'une organisation décidément plus élevée ou plus complexe que celle des Sertulariens. Mais alors, disait-on, si, par suite d'un changement de conditions, et conformément aux lois les plus ordinaires de l'hérédité, la Sertulaire et la Méduse continuaient à produire, pendant un nombre indéfini de générations, des descendants semblables à chacun de leurs parents, on aurait un exemple d'une forme nouvelle et supérieure, venant à l'existence sans qu'il y eût disparition de la forme inférieure génératrice; mais, malheureusement pour ces spéculations, rien de pareil n'a jamais été observé. La Sertulaire, quoique provenant d'un œuf, ne se reproduit jamais; elle donne simplement naissance à d'autres polypes par un mode de reproduction qu'on appelle gemmation interne, et lorsque enfin les Méduses mâle et femelle pondent, après l'union sexuelle, des œufs d'où naissent les Sertulaires, le cycle entier des changements recommence, absolument comme celui des métamorphoses des insectes. On peut en dire autant de certains aphides qui, sortant d'un œuf, donnent naissance par gemmation à des produits sexuels, et ceux-ci à

leur tour à des individus semblables à eux, jusqu'à ce que enfin quelques-uns de leurs descendants produisent des mâles et des femelles complets et ailés, de l'union desquels résultent des œufs ; puis le cycle des transformations recommence.

Dans tous les cas, serait-il même indiqué que la Sertulaire et la Méduse deviennent indépendantes l'une de l'autre, ce phénomène ne fournirait pas un argument de plus en faveur de l'opinion généralement connue sous le nom de création spéciale, car les formes nouvelles n'en résulteraient pas moins par descendance de formes plus anciennes. Il n'existe, en réalité, relativement à l'origine des espèces, que deux hypothèses rivales entre lesquelles il nous faut faire un choix, à savoir : 1° celle d'une création spéciale, et 2° celle d'une création par variation et par sélection naturelle. Dans les quatre chapitres suivants, je traiterai de la distribution géographique des animaux et des plantes, et mettrai ainsi en lumière les titres que peut avoir à notre acceptation chacune des deux hypothèses rivales.

CHAPITRE XXXVIII.

DE LA DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE DES ESPÈCES.

Distribution géographique des animaux. — Opinion de Buffon sur la distinction spécifique des quadrupèdes de l'Ancien Monde et du Nouveau. — Doctrine des *barrières naturelles*. — Marsupiaux d'Australie. — Rapports géographiques des formes fossiles éteintes avec les genres et espèces actuels dont elles se rapprochent le plus. — Provinces géographiques des oiseaux, suivant le docteur Sclater. — Cette distribution est applicable aux animaux et aux plantes en général. — Régions Néotropicale — Néarctique — Paléarctique — Éthiopienne — Indienne — Australienne. — Opinion de Wallace sur les limites des Régions Indienne et Australienne dans l'Archipel Malais.

Distribution géographique des animaux. — Bien que, en se livrant à des *considérations philosophiques*, on puisse s'attendre, ainsi que l'écrivait Buffon en 1785, « à ce que la même température, — toutes les autres circonstances étant d'ailleurs identiques, — donne lieu, en différentes parties du globe à la production des mêmes êtres, soit dans le règne animal, soit dans le règne végétal, il est pourtant incontestable que, lorsque l'Amérique fut découverte, ses quadrupèdes indigènes étaient tous dissemblables de ceux que l'on connaissait dans l'Ancien Monde. L'éléphant, le rhinocéros, l'hippopotame, la girafe, le chameau, le dromadaire, le buffle, le cheval, l'âne, le lion, le tigre, plusieurs espèces de singes, et beaucoup d'autres mammifères, ne se trouvèrent dans aucune partie du nouveau continent; de même que les espèces Américaines de la même grande classe, le tapir, le lama, le pecari, le jaguar, le cougouar, l'agouti, le paca, le coati et le paresseux, n'avaient jamais été vus dans l'Ancien Monde.

Ces phénomènes, quoique peu nombreux relativement à l'ensemble de la création animée, étaient d'une nature si frappante et si positive, que le grand naturaliste Français y entre-

vit tout d'abord le résultat d'une loi générale dans la distribution géographique des êtres organisés : — la limitation de groupes d'espèces distinctes à des régions séparées du reste du globe par des barrières naturelles. Ce fut donc dans un esprit vraiment philosophique que, d'après l'évidence de la preuve qu'offraient les grands quadrupèdes, il se hasarda à révoquer en doute les identifications que quelques naturalistes contemporains rapportaient à des espèces d'animaux considérées comme étant communes aux extrémités méridionales de l'Amérique et de l'Afrique (1).

Afin d'apprécier l'importance et la nouveauté de la doctrine qui assignait pour demeure aux espèces distinctes d'animaux et de plantes des étendues particulières de terre et d'eau, nous devons remonter au temps de Buffon, et voir à quelles conjectures étonnantes se livraient ce grand naturaliste et son illustre contemporain Linné, lorsqu'ils supposaient comment la terre s'était peuplée, à l'origine, de ses habitants actuels. Le philosophe Suédois pensait que le monde habitable avait été, pendant un certain temps, limité à un petit espace, seule portion de la surface de la terre qu'eût encore laissée à découvert la retraite de l'océan primordial. Dans ce lieu fertile, les originaux de toutes les espèces de plantes qui existent sur le globe furent réunis aux premiers ancêtres de tous les animaux de la race humaine : « In quâ commodè habitaverint animalia omnia, et vegetabilia lætè germinaverint. » Pour que le lieu où fut placée la création convînt aux habitudes d'un si grand nombre de créatures, et fournît une variétés de climats propres à leurs natures particulières, il le supposait situé dans une région chaude de la terre, et lui donnait une chaîne de montagnes élevées, sur les hauteurs et les penchants desquelles se trouvaient réunis toutes les températures et tous les climats, depuis celui de la zone torride jusqu'à celui

(1) Buffon, vol. V, 1775. — Sur l'Opossum de Virginie.

de la zone glaciale (1). Peut-être existe-t-il des géologues qui partagent l'opinion jadis très-populaire qu'il y a des traces d'un déluge universel qui aurait eu lieu à une période reculée, après que la planète fut devenue la demeure des créatures vivantes; mais on en trouverait fort peu pour contester que, longtemps avant l'apparition des espèces actuelles de plantes et d'animaux, la terre, comparée à l'eau, ne fût à peu près dans le même rapport qu'aujourd'hui.

Le lecteur ne doit pas perdre de vue que le langage tenu par Buffon, en 1755, et fort goûté depuis, relativement aux « barrières naturelles » serait dénué de toute signification si la distribution géographique des êtres organisés ne forçait tous les naturalistes à adopter la doctrine des centres spécifiques, ou, en d'autres termes, à admettre que chaque espèce, tant végétale qu'animale, a été créée dans une contrée unique. Que l'on rejette cette opinion, et le fait qu'il n'existe pas un seul quadrupède natif qui soit commun à l'Australie, au Cap de Bonne-Espérance et à l'Amérique du Sud, ne saurait s'expliquer ni par la vaste étendue de l'océan intermédiaire, ni par les déserts stériles, ni par le froid ou la chaleur extrême des climats qu'a dû traverser chaque espèce, avant que de pouvoir émigrer d'une de ces régions éloignées à une autre. Mais, pourrait-on simplement demander à tout individu qui parle de barrières infranchissables, pourquoi donc les mêmes kangourous, les mêmes rhinocéros ou les mêmes lamas n'auraient-ils pas été créés simultanément en Australie, en Afrique et dans l'Amérique du Sud? Le cheval, le bœuf et le chien, bien qu'étrangers à ces contrées avant qu'ils n'y fussent introduits par l'homme, sont aujourd'hui capables de vivre dans ces pays à l'état sauvage; et nous pouvons à peine douter que la plupart des quadrupèdes actuellement propres à l'Australie, à l'Afrique et à l'Amérique du

(1) *De terrâ habitabili incremento.* — Voir aussi Prichard, *Phys. hist. of Mankind* vol. I, p. 17, où sont énumérées les hypothèses de divers naturalistes.

Sud, n'eussent tous continué de vivre dans ces trois continents, s'ils eussent été indigènes dans chacun d'eux, ou s'ils eussent pu s'y implanter une fois en qualité de nouveaux colons.

Nous avons vu, dans le passage déjà cité, que Buffon appelait l'attention sur ce fait qu'on n'avait trouvé dans aucune partie de l'Amérique les singes sans queue et les babouins de l'Ancien Monde. Mais, aujourd'hui, la découverte qu'on a faite dans les deux continents de tant de nouvelles formes de quadrumanes a mis plus fortement en relief le défaut de concordance que présentent les deux groupes, sous le rapport de la structure anatomique et de plusieurs autres caractères.

Les singes sans queue et à courte queue de l'Ancien Monde ont été appelés Catarrhiniens parce que leurs narines sont divisées par un sillon étroit ; ceux du Nouveau Monde ont reçu le nom de Platyrrhiniens à cause de leurs narines largement ouvertes. Dans les Catarrhiniens, et cela non-seulement dans les Orangs et les Gibbons qui se rapprochent le plus de la race humaine par la forme et par la structure, mais dans tous les autres quadrumanes, à l'exception d'un ou de deux groupes divergents tels que les Lemurs, le nombre des dents est de 32, comme chez l'homme, tandis que dans tous les singes Platyrrhiniens, il est de 36, ces derniers ayant quatre fausses molaires additionnelles. Cette distinction marquée sous le rapport de la dentition, est accompagnée chez ces animaux de plusieurs autres différences, telles que les queues prenantes qui appartiennent à un si grand nombre de singes Américains, et les abajoues qui sont propres aux quadrumanes de l'Ancien Monde.

Marsupiaux d'Australie. — La persistance de certains types particuliers de structure que l'on observe dans les animaux habitant des provinces géographiques séparées, fut démontrée d'une manière encore plus frappante, quelque temps après la publication du grand ouvrage de Buffon, par la découverte qui fut faite, en Australie, d'un groupe de

mammifères, si différents de ceux de l'Ancien Monde, qu'on put les rapporter à une sous-classe distincte, à laquelle on donna le nom de Marsupiaux, et dont on ne connaissait encore qu'un seul genre, l'Opossum (*Didelphis*) d'Amérique. Quelques-uns de ces animaux à poche étaient soit herbivores, comme le kangourou, soit carnivores, comme le loup de Tasmanie (*Thylacinus*); mais leur ensemble présentait une série parallèle dans laquelle on trouva des représentants de presque toutes les grandes divisions des mammifères placentaires du reste du monde. M. Waterhouse a décrit 140 espèces environ propres au continent Australien, et 9 autres habitant la Nouvelle-Guinée et des îles voisines de l'Archipel Malais. Parmi ces dernières, une seule, celle de l'opossum volant, (*Petaurus ariel*) est commune à l'une des îles et au continent.

Rapports géographiques des formes fossiles éteintes avec les genres et espèces actuels dont elles se rapprochent le plus. — Quand on réfléchit à cette limitation d'une division particulière de vertébrés à une province du globe, et qu'on cherche à en tirer quelque éclaircissement, à l'égard du plan qu'a suivi la nature en peuplant la terre de nouvelles espèces, on se trouve assez éloigné d'attribuer la particularité de la faune à la nature du climat, du sol et de la végétation de l'Australie. L'expérience a du moins constaté que lorsque des mammifères placentaires de divers ordres, tant herbivores que carnivores — tels que le bœuf, le cheval, le chien et le chat — vivent à l'état sauvage en Australie, ils ne se contentent pas d'y tenir tête aux animaux indigènes, mais souvent l'emportent sur eux et se multiplient considérablement à leurs dépens. Comment donc se fait-il alors que les marsupiaux aient jamais dominé les placentaires, et qu'ils aient acquis sur eux un ascendant si complet dans la lutte pour l'existence ? La réponse me paraît être que les placentaires les mieux organisés n'ont jamais pu pénétrer en Australie, depuis que cette contrée a émergé de l'océan.

Il est certain que la faune marsupiale de ce continent est d'une grande ancienneté, car, lorsqu'on examine les cavernes à ossements et l'alluvion superficielle de cette partie du globe, on y trouve, comme dans les formations d'âge correspondant en Europe, des débris de quadrupèdes éteints ; mais, au lieu de se rapporter à la classe des placentaires, comme dans l'Ancien Monde, les fossiles d'Australie consistent en espèces perdues de kangourous, de wombat, de thylacine, et autres marsupiaux. L'un d'eux, le *Diprotodon*, d'Owen, allié au kangourou, est de la taille d'un gros rhinocéros ; un autre, le *Nothoterium* d'Owen, n'est pas de beaucoup inférieur au premier. Ils sont associés à des espèces éteintes de *Dasyurus*, ainsi qu'à plusieurs autres de moindre dimension, tels que les Phalangers et Potoroos.

De même, quand on passe aux monuments géologiques de l'Amérique du Sud, on trouve, parmi les débris fossiles d'un âge immédiatement antérieur au nôtre qui sont enfouis dans des cavernes et dans des dépôts d'alluvion, les squelettes des Mégathérium, Mégalonyx, Glyptodon, Mylodon, Toxodon et Macrauchenia, formes éteintes, génériquement alliées aux formes actuelles des paresseux, armadilles, caviens, capybara et lamas. On rencontre aussi, dans les cavernes du Brésil, associés aux espèces dont nous venons de parler, des singes à courte queue éteints, et qui se rapportent aux genres Cebus et Callithrix, appartenant l'un et l'autre au type Platyrrhinien, ou du Nouveau Monde, des quadrumanes ci-dessus mentionnés. Enfin, si l'on porte son attention sur la province Europæo-Asiatique et Africaine — région qui comprend l'Europe, l'Asie et le nord de l'Afrique — la géologie nous apprend, de la même manière, que sur les points où prédominent aujourd'hui le renne, le bœuf musqué, l'éléphant, le rhinocéros, l'hippopotame, le cheval et plusieurs types de l'Ancien Monde, des espèces éteintes des mêmes genres abondaient jadis à une période géologique très-moderne. Dans l'état

actuel de la science, on ne peut rien dire des quadrumanes fossiles de la même grande province, parce que les investigations relatives aux mammifères Pliocènes des régions tropicales sont incomplètes, et que l'on ne rencontre la tribu des singes sans queue et à courte queue que dans la région limitée par les tropiques. Mais un fait digne de remarque, c'est que les singes à courte queue fossiles éteints que l'on a découverts en Europe et dans l'Inde, tous de date Miocène, et tels que le Semnopithèque et le Gibbon, se rapportent aux formes de l'Ancien Monde, c'est-à-dire à la division Catarrhinienne.

Le professeur Owen et M. Darwin ont insisté d'une manière exagérée sur cette relation évidente entre les animaux vivants et les animaux éteints — entre les familles et les genres particuliers de mammifères qui habitent actuellement certaines parties du globe et les représentants fossiles des mêmes familles que l'on trouve dans des régions correspondantes (1).

Cependant, aucune hypothèse relative à l'origine des espèces ne saurait être satisfaisante, si elle ne rend compte des deux classes de phénomènes suivants, auxquels nous avons fait allusion dans ce chapitre. Premièrement, les espèces, quelquefois les genres et mêmes des groupes plus étendus occupent un tel espace qu'ils paraissent s'être répandus dans toutes les directions à partir d'une aire limitée que l'on désigne sous le nom de « centre de création », jusqu'à ce que leur marche progressive ait été arrêtée par des barrières naturelles, ou par des conditions du monde organique et inorganique hostiles à leur plus grande extension. Secondement, la limitation de formes génériques particulières à certaines parties du globe n'est pas exclusivement spéciale à la période actuelle, mais se retrouve, en remontant, à une époque géologique antérieure,

(1) Owen, *British Mammals and Birds*; et Darwin, *Journal of South America*.

pendant laquelle la plupart des espèces mammifères différaient de celles qui vivent aujourd'hui. Ce dernier fait a une signification d'une valeur indiscutable. Si l'on trouve très-souvent des inscriptions latines dans le pays où l'on parle aujourd'hui l'italien, des inscriptions grecques très-nombreuses dans celui où l'on emploie maintenant le grec moderne, et des hiéroglyphes égyptiens dans la région où, plusieurs siècles après l'ère chrétienne, l'idiome copte, de nature semblable, était encore en usage, on reconnaitra de suite qu'il y a là, entre les trois langues mortes et les trois langues vivantes, une connexité géographique qui ne saurait être mise en question, quand même se trouverait perdue toute l'histoire intermédiaire de ces contrées. Dans ce cas, ce serait un puissant argument en faveur de l'origine dérivée des trois idiomes modernes, chacun d'eux ayant une parenté plus étroite avec les langues éteintes qu'avec aucune des autres formes perdues de langage, dont la tradition ou l'histoire nous ont révélé l'usage sur un point quelconque du globe. De même la connexité intime entre la distribution géographique des formes fossiles de mammifères et celle des formes récentes de la même classe d'animaux tend à établir la théorie — sans en démontrer absolument la vérité — que les espèces actuelles d'animaux et de plantes sont, à la manière des formes modernes de langage dont nous venons de parler, d'origine dérivée et non de création primordiale ou indépendante.

Provinces géographiques d'animaux. — On a constaté que la mer, aussi bien que la terre, peut se diviser en parties qui ont reçu le nom de provinces distinctes, que chacune de ces provinces est habitée par certaines espèces d'animaux et de plantes, et qu'il existe, dans les deux grandes divisions du monde organique, une coïncidence remarquable quant à la distribution des espèces. Les six régions principales que le docteur Sclater a esquissées, en 1857, pour les oiseaux, en considérant, dans cette classe de vertébrés les genres et les

familles plutôt que les espèces (1), sont applicables, à quelques exceptions près, aux quadrupèdes, aux reptiles, aux insectes, aux coquilles terrestres, et même, en grande partie, aux végétaux. Les régions dont nous voulons parler sont les suivantes : — 1° la région Néotropicale, comprenant l'Amérique du Sud, le Mexique et les Indes occidentales; 2° la région Néoarctique, renfermant le reste de l'Amérique; 3° la région Palæarctique, composée de l'Europe, de l'Asie septentrionale jusqu'au Japon, et de l'Afrique au nord du Sahara; 4° la région Éthiopienne, qui contient le reste de l'Afrique et Madagascar; 5° la région Indienne, comprenant l'Asie méridionale et la moitié occidentale de l'Archipel Malais; 6° la région Australienne, composée de la moitié orientale de l'Archipel Malais, de l'Australie et de la plupart des iles du Pacifique.

Région Néotropicale. — Pour commencer, étudions la région Néotropicale, qui comprend les Indes occidentales et l'Amérique du Sud. Suivant le docteur Sclater, l'ornithologie de cette division est la plus riche et la plus originale du globe; et d'après la remarque de Buffon, les mammifères y sont totalement différents de ceux de l'ancien monde. J'ai déjà parlé des singes Platyrrhiniens de l'Amérique du Sud, ainsi que des paresseux et des armadilles de cette contrée; je pourrais citer encore les vampires ou chauves-souris, qui sucent le sang des animaux (*Phyllostonidæ*), le capybara, le plus grand des rongeurs; le carnivore coati-mondi (*Nasua*), et plusieurs autres formes.

En accordant quelque fondement à la théorie qui rapporte l'origine des espèces à la variation ou transformation graduelle, on devait s'attendre à trouver dans l'Amérique du Sud une faune terrestre très-distincte de celle des autres régions; car la géologie nous a appris que les continents et bassins océaniques actuels remontent à une très-haute antiquité (2),

(1) Mém. lu à la *Linnæan Society*, juin 1857.
(2) Voir vol. I. p. 328.

et que la partie méridionale du continent Américain est séparée, par une vaste étendue de mer, de l'Afrique, de l'Asie et des terres des régions antarctiques. Comme on ne peut supposer, qu'à l'époque Pliocène ou même peut-être à celle du Miocène, l'Amérique du Sud ait été une terre libre communiquant avec aucun des autres grands continents, il faut admettre, qu'en Europe, les genres mêmes des quadrupèdes ont été changés plusieurs fois, tandis que la région Néotropicale a continué de rester presque aussi isolée qu'elle l'est aujourd'hui.

Au Pérou et au Chili, dit Humboldt, la région des plantes herbacées, qui se trouve à une hauteur de 3,700 à 4,350 mètres environ, est habitée par une multitude de lamas, de guanacos et d'alpacas. Ces quadrupèdes, qui représentent ici le genre chameau de l'ancien continent, ne se sont point étendus jusqu'au Brésil ou au Mexique, parce que, dans leur voyage, ils doivent nécessairement avoir rencontré des régions trop chaudes pour eux (1). Dans ce passage, publié en 1814, on remarquera que la doctrine des centres spécifiques était déjà implicitement admise.

J'ai déjà dit que, dans la même région, on avait trouvé, à l'état fossile, les genres éteints de lama, paresseux, armadille, et de plusieurs autres familles de quadrupèdes de l'Amérique du Sud. Mais, circonstance remarquable, c'est que, sur certains points, la faune fossile ne diffère pas autant que la faune récente de celle que l'on trouve dans le reste du monde. C'est ainsi, par exemple, qu'on a découvert, à l'état fossile, une espèce de cheval, dans les Pampas, et une autre d'éléphant, (*Mastodon Andium*) dans les montagnes du Pérou. De même, on rencontre sur une étendue considérable de l'Amérique septentrionale, les débris fossiles du cheval, du mastodonte et du mammouth de Sibérie, bien qu'il n'existât aucun représentant de ces genres dans le Nouveau Monde, lors de sa découverte par les Européens.

(1) Description des Régions Équatoriales, 1814

La distribution sur une vaste étendue de ces quadrupèdes, aux temps anciens, implique une émigration, pendant les périodes Pliocènes, des formes de l'Ancien Monde dans le Nouveau, peut-être par la voie des Andes ; mais quant à savoir comment a eu lieu cette invasion, et par quelles causes les espèces de l'Ancien Monde ont été de nouveau détruites, ce sont autant de faits sur lesquels toute conjecture est impossible ; quoique, cependant, on puisse affirmer, que rien, dans l'état actuel de nos connaissances, ne nous autorise à considérer l'extinction d'aucune espèce comme un fait extraordinaire. Un petit insecte, dit Darwin, qui dépose ses œufs dans le nombril des chevaux, du gros bétail et des chiens, rend impossible, dans le Paraguay, l'existence de ces individus à l'état sauvage (1), et notre ignorance est extrême à l'égard des animaux et des plantes dont la coexistence détermine la destruction ou le bien-être d'aucune espèce.

De plus, le géologue ne manquera pas de rappeler que la tribu chevaline et les éléphants ont formé des groupes qui, dans l'hémisphère septentrional, n'ont cessé de décroître numériquement depuis les périodes Miocène et Pliocène. Dans l'Inde septentrionale seule, les débris fossiles des monts Sewâlik nous montrent qu'à l'époque du Miocène supérieur, il y avait jusqu'à sept espèces de proboscidiens des genres *Elephas*, *Mastodon* et *Stegodon* (Falconer), et qu'en outre plusieurs espèces de mastodontes vivaient dans le même temps en Europe. On ne compte plus aujourd'hui que deux représentants vivants de tout le groupe, à savoir : *Elephas Indicus* et *E. Africanus*. De même, on a découvert dans les formations Pliocènes et Post-Pliocènes des États-Unis non moins de douze espèces de chevaux, rapportées par Leidy à sept genres ; et pas une d'elles ne subsistait, en Amérique, à l'époque où les Européens visitèrent ce pays pour la première fois (2).

(1) Darwin, *Origine des espèces*; trad. franç., 3e édit., p. 86.
(2) Voir Leydy et Hayden sur les débris fossiles de Nebraska. *Proc. of Acad. Nat. Science Philadelph.*, 1858, p. 89.

On a objecté que la faune entomologique du Chili, quoique particulière, en grande partie, à l'Amérique tempérée du Sud, comprend aussi plusieurs formes génériques de papillons et de coléoptères, tels que Colias, Carabus et autres, qui sont communs à l'hémisphère septentrional, et que l'on ne trouve pas dans la région tropicale intermédiaire. Toutefois, on peut bien supposer que ces insectes ont passé du nord au midi en longeant la région supérieure des Andes, durant le froid de la période glaciaire; et presque tous semblent avoir subi de telles modifications dans leurs caractères, que les formes alliées du nord et du sud ne montrent plus entre elles aucune identité sous le rapport spécifique. Quant aux Opossums marsupiaux d'Amérique, qui offrent des affinités avec ceux d'Australie, M. Wallace fait justement remarquer que, comme le genre Didelphis existait en Europe aux périodes de l'Éocène et du Miocène inférieur, il est fort probable, en admettant l'origine des espèces par variation, que l'espèce Américaine est dérivée de cette source plutôt que de celle d'Australie, où, jusqu'à ce jour, on n'a rencontré le genre en question, ni à l'état fossile, ni à l'état vivant.

Dans cette grande province Néotropicale, aussi bien que dans toute autre dont nous aurons à nous occuper dans la suite, la plus grande partie des espèces, tant végétales qu'animales, peuvent être séparées les unes des autres par des lignes de démarcation assez nettes pour permettre aux naturalistes de s'accorder à peu près dans leurs systèmes propres de classification; mais il y aurait lieu à des exceptions dans chaque grande division, tant de la classe des vertébrés que de celle des invertébrés, où l'on rencontre des espèces qui passent les unes dans les autres par un si grand nombre de gradations intermédiaires que, lorsqu'il s'agit d'établir leur parenté, on voit à peine deux naturalistes professer exactement les mêmes idées. Ainsi, par exemple, M. Bates a observé, dans la vallée des Amazones, un grand nombre d'agglomérations

d'une espèce de papillons, qui appartient au genre élégant *Heliconius*, propre à l'Amérique tropicale. Il abonde sous les ombrages des forêts, où il présente des espèces et des variétés alliées, ainsi que quelques formes mieux marquées. Un membre remarquable du groupe est *H. Melpomene* de Linné, que l'on rencontre dans la Guinée, le Venezuela et plusieurs parties de la Nouvelle-Grenade. Il est très-commun à Obydos, sur le côté nord des Amazones, et reparait sur le côté septentrional de ce fleuve, dans les forêts sèches qui sont situées derrière Santarem. Mais il est absent dans toutes les autres parties de la vallée, où se trouve une espèce proche-alliée, *H. Thelxiope*, de même taille et de même forme, seulement d'une couleur différente. Les deux espèces ont les mêmes habitudes, et quoique les entomologistes les aient toujours regardées comme spécifiquement distinctes, M. Bates a été conduit à conclure que l'une d'elles n'était qu'une modification de l'autre, car il a découvert que, dans ces vertes forêts où les conditions atmosphériques sont intermédiaires entre la sécheresse d'Obydos et l'humidité du reste de la grande vallée, les individus faisant partie de ces Héliconiens sont des formes de transition entre les deux prétendues espèces en question. Il a observé qu'ils passent par de très-légères variations d'un point extrême à un autre, et qu'il est, néanmoins, impossible de les considérer comme des hybrides provenant de l'entre-croisement de *H. Melpomene* avec *H. Thelxiope*, car on n'a jamais vu les deux papillons s'accoupler, et l'on ne connait pas de variétés intermédiaires de ces deux formes, dans les divers lieux où elles se trouvent en contact. Si l'on considère le district entier qu'habitent ces insectes, on voit que les formes intermédiaires sont incomparablement plus rares que les deux formes extrêmes de la série, et ces dernières, dit M. Bates, doivent être sérieusement regardées comme de vraies espèces, parce qu'elles offrent des caractères ordinairement admis comme suffisants pour établir cette dis-

tinction, et parmi lesquels on peut citer une grande répugnance à s'apparier entre elles. Une série analogue de raisonnements a conduit le même naturaliste à croire que *H. Vesta* est dérivée de *H. Melpomene*, la première de ces deux formes, — *H. Vesta* se trouvant répandue sur une très-vaste région qui s'étend jusque dans les vallées centrales des Andes.

Une autre preuve, tirée de la classe la plus élevée des mammifères, c'est-à-dire des singes de la même région, nous donnerait aussi des résultats conformes aux précédents. On connait deux espèces distinctes de Cebus, ou singe Capucin : le Caiarara (*C. Albifrons*, Spix) et le Prego (*C. Cirrhifer*, St-Hilaire) ; ils habitent tous deux la région des Amazones, et diffèrent l'un de l'autre par la forme et par les habitudes. Les variétés ne sont pas locales, car elles coexistent quelquefois dans le même district. Mais on compte, dans l'Amérique équatoriale, un si grand nombre de sous-espèces et de variétés de ce même singe, qui est répandu sur des milliers de kilomètres d'une contrée sauvage, où se trouvent réunies les deux formes sus mentionnées, que M. Bates, après une comparaison de l'ensemble, affirme qu'il est impossible à un zoologiste de séparer, par une ligne bien définie, les deux points extrêmes de la série (1).

Au Jardin zoologique de Londres, comme au Muséum de Paris, on a souvent été fort embarrassé pour donner des noms à ces différentes variétés, n'en trouvant pas de satisfaisants dans le catalogue imprimé que l'on doit à Isidore Geoffroy-Saint-Hilaire. Or, il paraît, d'après le même document officiel, que les Capucins ne sont pas les seuls singes platyrrhiniens dont la classification soit hérissée de difficultés. Pour ceux qui adoptent les idées de Darwin, ces formes transitionnelles sont précisément celles qu'on devait rencontrer,

(1) Bates, *Naturalist on the Amazons*, vol. II, p. 101.

car elles impliquent simplement, ainsi que nous l'avons dit, p. 410, que quelques genres et quelques espèces sont comparativement modernes, de telle sorte que le temps a manqué aux causes d'extinction pour produire des lacunes dans la série des nouvelles variétés.

Région Néarctique. — Passons maintenant à la région Néarctique, qui s'étend depuis le centre du plateau du Mexique jusqu'au Pôle Nord. Si l'on compare les limites méridionales de cette grande province avec les terres les plus voisines à l'est ou à l'ouest, l'Afrique septentrionale d'un côté et la Chine de l'autre, on trouve une dissemblance complète entre la faune du continent Américain et celle des continents Africain et Asiatique; mais plus on avance vers le nord et plus on pénètre dans ces latitudes où les trois continents se rapprochent l'un de l'autre, et plus diminue la discordance qu'on observe dans les genres et dans les espèces. Il a souvent été dit, il est vrai, que toute la région circumpolaire forme une seule province; mais on a reconnu, après un examen plus attentif, que quelques-unes des espèces Américaines, telles que le blaireau, par exemple, diffèrent de celles d'Europe avec lesquelles on les identifiait autrefois; le bœuf musqué (*Ovibos moschatus*) est propre à l'Amérique, bien que le même animal fût jadis répandu, ainsi que nous l'apprennent ses débris fossiles, à la surface de l'Allemagne, de la France et de l'Angleterre.

L'influence prédominante du climat sur toutes les autres causes qui, à l'égard des mammifères, limitent la distribution des espèces, ne se montre peut-être nulle part aussi remarquable que dans la région dont nous nous occupons en ce moment. On remarquera que dans ce continent, entre les Montagnes Rocheuses et l'Atlantique, il n'existe aucunes grandes barrières géographiques, s'étendant de l'est à l'ouest, telles que de hautes montagnes couvertes de neige, des déserts stériles ou de larges bras de mer, qui puissent mettre obstacle à la

libre migration des espèces du nord au sud. Cependant, la faune Arctique, si admirablement décrite par sir John Richardson, renferme à peine une espèce qui lui soit commune avec la faune de l'État de New-York, qui est située à 960 kilomètres plus loin vers le sud, et qui comprend environ quarante mammifères distincts. Si l'on pousse encore plus avant dans le midi, à la distance d'environ 960 kilomètres, et si l'on pénètre dans une autre zone courant de l'est à l'ouest, dans la Caroline du Sud, la Géorgie, l'Alabama et les États voisins, on rencontre un nouvel assemblage de quadrupèdes terrestres, qui diffèrent aussi de la faune du Texas, située dans des régions plus méridionales où les frimas sont inconnus. Mais, malgré la distinction de ces zones de mammifères indigènes, on trouve quelques espèces, telles que le buffle (*Bison Americanus*), le racoon (***Procyon lotos***) et l'opossum (***Didelphis Virginiana***) de Virginie, dont l'habitation plus vaste s'étend presque depuis le Canada jusqu'au Golfe du Mexique; mais ce sont là des exceptions à la règle générale. L'opossum du Texas (***Didelphis cancrivora***) diffère de celui de Virginie, et d'autres espèces du même genre se rencontrent à l'ouest des Montagnes Rocheuses, en Californie, par exemple, où presque tous les mammifères se distinguent spécifiquement de ceux des États-Unis.

Région Palæarctique. — Nous voici arrivés à la troisième région, c'est-à-dire à la région palæarctique, qui comprend l'Europe et l'Asie septentrionale jusqu'au Japon, ainsi que la partie de l'Afrique située au nord du désert de Sahara. Prenant ici nos exemples, comme précédemment, surtout dans les mammifères, nous signalerons d'abord la diffusion extraordinaire de l'est à l'ouest des espèces Européennes de quadrupèdes; car, sur cinquante-huit, il n'y en a pas moins de quarante-quatre qui soient communes à l'Europe et à la région baignée par le fleuve Amour, c'est-à-dire à cette partie de l'Asie nord-est, située entre les 45° et 55° degrés de latitude

septentrionale. Dans le même groupe, on trouve des espèces qui n'ont pas une aussi vaste distribution de l'est à l'ouest, mais qui s'étendent jusqu'à de grandes distances dans les directions du nord et du sud. Ainsi le lièvre sans queue, ou *Pica*, s'enfonce assez loin dans les latitudes Arctiques, et le tigre, *Felis Tigris*, pénètre dans les régions tropicales, et descend même vers le sud jusqu'à Java.

La question de savoir s'il convient de regarder le Maroc, l'Algérie et Tunis comme faisant partie de la même province que l'Europe et l'Asie septentrionale a été agitée, mais seulement en ce qui concerne les mammifères; car les oiseaux, les reptiles, les insectes et les plantes y sont positivement des formes Palæarctiques. Quant aux mammifères, M. Wallace a donné un tableau montrant que trente-trois espèces au moins de l'Algérie sont absolument identiques avec les quadrupèdes de l'Europe et de l'Asie occidentale; quatorze au plus sont des représentants des *genres* Européens, et dix appartiennent aux *genres* de l'Asie Occidentale et de la Sibérie. Mais, d'un autre côté, sept ou huit espèces ont été supposées donner un caractère Éthiopien ou extra-Européen aux terres hautes de l'Afrique septentrionale. Ces espèces habitent toutes le désert; ce sont un antilope, un singe (*Macacus Inuus*), le même que celui qui vit sur les rochers de Gibraltar, un lion, un léopard, un cervule et une panthère. Ces grandes espèces félines sont répandues sur toute l'Afrique depuis la Méditerranée jusqu'au Cap de Bonne-Espérance, et peuvent très-bien, suivant M. Wallace, avoir traversé le désert à la piste des caravanes. Si, négligeant les espèces, nous portons toute notre attention sur les genres, nous voyons que, sur trente-un, trois seulement sont communs aux régions Palæarctique et Éthiopienne.

Ce que nous avons dit dans le premier volume (p. 732) sur une crête sous-marine qui s'étend de Gibraltar à la partie la plus voisine de l'Afrique, c'est-à-dire jusqu'à Tanger, — crête de 35,404 mètres de long sur 8,046 à 11,265 mètres de large.

et couverte partout par une eau dont la profondeur n'excède pas 220 brasses, — nous apprend que la jonction de l'Europe méridionale avec l'Afrique n'implique pas un changement considérable de niveau de la terre et de la mer. Le géologue, du moins, sait parfaitement que l'abaissement et l'élévation du continent et du lit de la Méditerranée, qui ont eu lieu, en Sicile et ailleurs, pendant la période du Nouveau Pliocène, ont dépassé de beaucoup les proportions requises pour opérer la jonction des côtes sur le bord opposé du détroit de Gibraltar. Un changement de niveau d'environ 70 brasses unirait Malte et Gozo avec la Sicile, et s'il était de 200 brasses, il relierait Malte à Tripoli par un isthme de 273 kilomètres de long; un phénomène analogue amènerait la jonction de l'Italie avec la Sicile, et celle de cette dernière contrée avec l'Afrique à l'aide du Banc Aventure. Ce n'est que par ces communications entre terres fermes, et par d'autres analogues de date géologiquement moderne, qu'on peut expliquer la ressemblance remarquable de la faune et de la flore des îles de la Méditerranée avec celles du continent le plus rapproché, malgré la profondeur générale de cette mer. Certaines îles montagneuses de la mer Égée sont habitées, il est vrai, par des espèces particulières de coquilles terrestres, ainsi que l'ont constaté feu Edward Forbes et le capitaine Spratt; mais il est bien possible que ces montagnes soient à l'état d'îles depuis une époque très-reculée, car des couches d'eau douce de date Miocène s'y rencontrent dans quelques parties, et la mer qui les environne est très-profonde. Les débris de l'éléphant Africain, de l'*Elephas antiquus*, et d'un hippopotame éteint que l'on a découverts en Sicile, et, chose plus étonnante, ceux de plusieurs espèces d'éléphants et d'un hippopotame qu'on a recueillis dans les cavernes de la petite île de Malte, témoignent des grands changements géographiques qui ont eu lieu à une époque relativement moderne, c'est-à-dire aux temps Pliocènes.

Quant à la différence que nous avons signalée entre la faune

de l'Afrique septentrionale et celle de la partie située au sud du Sahara, on sait que le grand désert a été submergé par la mer pendant la période Pliocène ; de sorte qu'en admettant pour ces espèces un seul lieu de naissance, on explique leur dissemblance dans ces deux régions, qui furent séparées d'abord par une barrière d'eau et plus tard par une barrière de sable.

La distribution géographique des reptiles s'accorde, en règle générale, avec celle des mammifères et des oiseaux ; mais on signale une exception dans la région Palæarctique. Bien que les batraciens du Japon soient tous Palæarctiques, les serpents y sont identiques, sous le rapport des genres et des espèces, avec ceux des parties plus méridionales de l'Asie ou de la région Indienne que nous aurons bientôt à examiner. Pour expliquer cette apparente anomalie, M. Wallace suggère l'explication suivante : il nous rappelle que le Dr Günther a montré que les serpents forment un groupe éminemment tropical, qui décroît rapidement dans les régions tempérées, et disparaît complétement vers le 62° N. ; tandis que les batraciens sont presque aussi répandus dans les latitudes du nord que dans celles des tropiques, parce qu'ils sont capables de supporter, grâce, en partie, à l'hivernation, un climat excessivement froid. On peut donc supposer que le Japon a jadis formé une partie de l'Asie septentrionale, à laquelle il se trouve presque joint, encore aujourd'hui, par deux chaînes d'îles ; et dans ce cas, on comprend qu'il ait reçu de la région Palæarctique ses oiseaux, ses mammifères et ses batraciens, sans en tirer peu ou pas de serpents, à cause du grand froid qui, dans l'Asie Orientale, sévit à une latitude beaucoup plus basse que dans l'Europe Occidentale. Si, à une période suivante, le Japon s'était rattaché à l'Asie Méridionale par l'intermédiaire des îles Loochoo et Majicosima, il aurait pu être colonisé par des serpents d'origine Indienne, qui se seraient facilement établis dans une région inoccupée par des représentants de la même classe. Les

batraciens, au contraire, aussi bien que les oiseaux et les mammifères de l'Asie méridionale, eussent trouvé dans cette contrée une population Palæarctique, solidement assise et prête à s'opposer à l'invasion de tous les envahisseurs (1).

Région Éthiopienne. — La province zoologique qui vient immédiatement après, ou la quatrième, est la région Éthiopienne; elle comprend la partie de l'Afrique située au sud du grand désert et l'île de Madagascar. Cette partie de l'Afrique, caractérisée comme elle l'est par une faune indigène particulière, constitue un fait qui se montre en parfait accord avec la théorie de Buffon relative aux barrières naturelles.

Nous avons déjà constaté que la mer, même aux temps post-tertiaires, couvrait l'espace actuellement occupé par le Sahara, de sorte que l'Afrique a été, pendant de longues périodes, environnée d'eau de toutes parts, excepté du côté nord-est où un isthme l'unissait à l'Asie. Cette communication expliquerait pourquoi quelques espèces, telles que le lion, le dromadaire et le chacal, y sont communes à l'Afrique et à l'Asie, et pourquoi aussi plusieurs genres Asiatiques y sont représentés par des espèces Africaines alliées. L'éléphant d'Afrique, par exemple, quoique si ressemblant à celui de l'Inde, se distingue de celui-ci par de plus petites dimensions, par une tête plus ronde et de plus grandes oreilles, ainsi que par ses pieds de derrière qui ont quatre doigts au lieu de trois. On compte dans cette région trois espèces Africaines de rhinocéros qui diffèrent toutes de celles de l'Inde. Le genre hippopotame y est actuellement représenté par deux espèces exclusivement propres à l'Afrique, quoiqu'il ait existé dans l'Inde pendant la période Miocène et en Europe pendant celles du Pliocène et du Post-Pliocène. Il en est de même de la girafe, du gorille, du chimpanzé, du babouin à face bleue, du singe à quatre doigts (*Colobus*) et de plusieurs carnivores, tels que le *Proteles*, allié à l'hyène. A mesure qu'on avance vers la

(1) Wallace *on Zoological and Botanical Geography*, *Nat. Hist. Rev.* 1864, p. 114.

partie méridionale de la région Éthiopienne, on trouve, dans la zone tempérée, d'autres formes dont la plupart concordent génériquement avec celles qui, dans l'Asie, habitent, au nord de l'Équateur, la zone d'un climat correspondant. Je citerai entre autres le quagga et le zèbre, une espèce correspondant au cheval, l'âne et le djiggetaï de l'Asie tempérée. Parmi les animaux pachydermes, l'hyrax est particulier à la région, et parmi les ruminants on remarque le buffle du Cap et plusieurs antilopes telles que le springbok, l'oryx, le gnou, l'antilope bleue, le pygargue et plusieurs autres.

Séparée de l'Afrique par le canal de Mozambique, qui a 480 kilomètres de large, l'île de Madagascar forme, avec deux ou trois petites îles immédiatement voisines, une sous-province zoologique dont toutes les espèces, une exceptée, et presque tous les genres sont particuliers. La seule exception à laquelle nous venons de faire allusion consiste en un petit quadrupède insectivore (*Centetes*) que l'on trouve aussi dans l'île Maurice, où l'on suppose même qu'il a été importé par des navires. Le trait le plus caractéristique de cette faune remarquable consiste dans le nombre des quadrumanes de la famille Lemur; car, dans cette île, on rencontre non moins de six genres de ces singes exclusivement propres au pays, et un septième, appelé *Galago*, qui est le seul dont on ait trouvé un représentant étranger, ainsi qu'on pouvait le prévoir par analogie, dans le continent le plus voisin. L'île de Madagascar, presque aussi étendue que la Grande-Bretagne, se trouve située sous la même latitude que la partie adjacente du continent Africain, et jouit d'un climat tout à fait semblable. Or, que les espèces de quadrupèdes qui vivent à Madagascar eussent concordé avec celles de l'Afrique, comme le font les espèces de l'Angleterre avec celles du reste de l'Europe, et le naturaliste en eût conclu l'existence d'une communication terrestre depuis l'époque où apparurent les quadrupèdes actuels, tandis qu'on peut affirmer aujourd'hui

que le large canal de Mozambique a constitué une barrière insurmontable au fusionnement de la faune continentale avec celle de la grande île, pendant toute la période qui s'est écoulée depuis que les espèces vivantes de mammifères sont venues à l'existence.

L'époque où l'île de Madagascar se trouvait unie à une partie de l'Afrique remonte probablement jusqu'au Miocène Supérieur, période pendant laquelle on sait que la configuration du continent Européen était matériellement différente de celle de nos jours, ce qui permet de supposer que le bras de mer constituant le canal de Mozambique était alors une terre sèche. Il se peut que des genres particuliers à l'âge Miocène, ainsi qu'un très-grand nombre d'espèces, aient survécu dans cette île après avoir été détruits sur le continent, et que d'autres familles, telles que celle des Lemurs, se soient multipliées beaucoup plus à Madagascar que sur la terre ferme voisine; mais, malgré tous ces changements, les deux faunes continentale et insulaire n'en auraient pas moins gardé la marque, d'après la théorie de l'origine des espèces par variation et par sélection naturelle, qu'elles sont issues d'une source commune à une époque relativement moderne. Elles auraient continué d'avoir plus d'affinités l'une avec l'autre qu'avec toute autre faune d'une région plus éloignée, telle que l'Indienne ou l'Australienne. D'un autre côté, l'hypothèse d'une création spéciale ne nous fournit aucun moyen d'expliquer comment ces liens de genre et de famille unissent ensemble ces deux ordres d'animaux dans lesquels toutes les espèces sont distinctes.

Région Indienne. — Nous avons maintenant à examiner la région Indienne qui comprend l'Asie méridionale et la moitié orientale de l'archipel Malais. Ses limites du côté de l'Arabie ne sont pas encore bien définies, parce que nos zoologistes modernes ne s'accordent pas dans la question de savoir dans laquelle des régions Éthiopienne, Indienne ou Palæarctique doit être rangée cette contrée. Bien que les espèces de

l'Inde soient très-distinctes de celles de l'Afrique, plusieurs genres de quadrupèdes sont communs aux deux continents. Il est, toutefois, quelques formes qui sont particulières à la région Indienne, parmi lesquelles on peut citer l'ours jongleur (*Prochilus*), le musc (*Moscus*), le gibbon ou singe à longs bras, le nylghau et plusieurs autres.

L'éléphant et le tapir de Sumatra et de Bornéo sont identiques aux espèces Indiennes, et le rhinocéros de Sumatra, ainsi que celui de Java, sont respectivement communs au Bengale et à Malacca. L'un des gibbons ou singes à longs bras (*Hylobates lenciscus*) est commun à la péninsule Malaise et aux îles de Java et de Bornéo, quoiqu'il ne se trouve pas à Sumatra. Le bœuf sauvage de Java se rencontre aussi sur le continent Asiatique. Or, comme aucun de ces grands animaux, dit M. Wallace, n'aurait été capable de traverser les bras de mer qui séparent actuellement ces contrées, il faut évidemment que depuis l'origine de ces mammifères il y ait eu une communication terrestre entre les îles et le continent.

Les mammifères qui habitent Java s'élèvent au nombre de quatre-vingts à quatre-vingt-dix, et il en existe presque autant à Sumatra; plus de la moitié de ces espèces sont communes aux deux îles. Bornéo, qui est beaucoup moins exploré, a déjà fourni au delà de soixante espèces, dont plus de la moitié ne se rencontrent ni à Java ni à Sumatra. Ces deux îles contenant non-seulement plusieurs espèces, mais aussi quelques genres tout à fait particuliers à chacune d'elles, on ne peut faire remonter leur ancienne union qu'à une date moderne, en prenant ce mot dans le sens géologique. Mais il est certain, par exemple, que l'événement a eu lieu durant une partie de l'époque Pliocène: et ce qui rend cette hypothèse d'autant plus probable, c'est le fait qu'une différence de niveau de 50 brasses, ou seulement de 90 mètres, relierait Bornéo, Java et Sumatra avec le continent ou avec Malacca et Siam (1), et

(1) Wallace, *Physical Geography of Malay Archipelago*, *Geogr. Soc. Journ.* 1864.

que, par suite d'un exhaussement de 100 brasses, la continuité embrasserait les îles Philippines et Bali, c'est-à-dire l'ensemble de la région Indienne (voir la carte, fig. 132). Nous aurons lieu de revenir sur cette question relative à un changement géographique moderne.

Quant aux oiseaux du continent, le genre *Euplocamus* de

Fig. 132.



Carte montrant les limites définies par Alfred R. Wallace, Esq., des deux grandes provinces zoologiques Indienne et Australienne. Les terres ombrées appartiennent à la région Australienne, les autres représentent la région Indienne.

a b. — Ligne de plus de 100 brasses de profondeur séparant la région zoologique Indienne de la région Australienne.

c b. Ligne limite entre les races Malaises et les races Papous, montrant la presque coïncidence de leur distribution des espèces avec celle des animaux inférieurs. Voir chap. XLIII.

la famille des faisans fournit un bon exemple d'une forme variable. Ainsi, *E. melanotus* ou kalige à dos noir de Sik-

kim se trouve, dans le pays intermédiaire d'Aracan, passer par de nombreuses variétés au *E. lineatus* de Tenasserim et de Pegu. Les variétés sont considérées par le Dr Sclater comme n'étant pas des formes hybrides.

Région Australienne. — Opinion de M. Wallace sur les limites qui, dans l'archipel Malais, séparent cette région de la région Indienne. — Nous abordons enfin la sixième région, l'Australienne, qui, ainsi que nous l'avons déjà mentionné, renferme des mammifères appartenant presque exclusivement à la sous-classe des marsupiaux. Les seules espèces placentaires qui soient indigènes et associées à ces marsupiaux sont quelques rongeurs et quelques chauves-souris. Bien que le continent d'Australie soit très-isolé, il semble pourtant à première vue, quand on considère l'ensemble de la province géologique, qu'il n'y ait pas, dans la direction nord-est, une barrière naturelle assez puissante pour expliquer la ligne tranchée de démarcation que l'on observe, dans les iles de l'archipel Malais, entre les espèces qui appartiennent à la région Australienne et celles qui sont propres à la région Indienne. La distribution géographique des deux faunes, dont la distinction est si remarquable, est montrée dans la carte ci-dessus, — toutes les terres ombrées appartiennent à la région Australienne et celles qui ne le sont pas à la région Indienne. M. Wallace a également signalé que la ligne *a b*, qui sépare deux assemblages différents de mammifères et d'oiseaux, coïncide à très-peu de chose près avec la ligne *c b*, qui divise deux des races humaines les mieux caractérisées, la race Malaise et celle du Pacifique, cette dernière comprenant les Papous, les Australiens et les Polynésiens (1).

Quoique le détroit de Lombok, que traverse la ligne *a b*, entre l'ile de ce nom et Bali, n'ait que 24 kilomètres de largeur, et qu'il soit par conséquent moins large que celui de

(1) Voir plus bas, chap. XLIII.

Douvres, le contraste, sur les deux côtés de ce canal étroit, entre les animaux de diverses classes, est aussi grand que celui qui existe entre l'Ancien Monde et le Nouveau. En d'autres termes, la discordance que l'on observe non-seulement dans les espèces, mais encore dans les genres, équivaut à celle qui est ordinairement causée plutôt par un large océan, que par un détroit dont un rivage peut être facilement aperçu du rivage opposé. On a déjà constaté (p. 437) que toutes ces îles de l'archipel Malais, qui ne sont séparées du continent de l'Asie que par une profondeur d'eau de moins de 100 brasses, contiennent une faune strictement Indienne. M. Wallace, en commentant ce fait, remarque la relation évidente qui existe entre la distribution naturelle des animaux et des plantes et les changements relatifs à la position des terres et des mers, qu'on doit admettre comme ayant eu lieu dans des temps comparativement modernes.

Le lecteur a déjà pris connaissance (chap. XII, XIV et XXXI) de ce que nous enseigne la géologie relativement à l'élévation et à la dépression de la croûte terrestre, à la conversion de la terre en mer et de la mer en terre, ainsi qu'aux fluctuations consécutives qu'a subies le monde organique. Toutes ces idées admises, on peut s'attendre à trouver les preuves que jadis des îles ont été reliées les unes avec les autres, ou avec les continents voisins, à des périodes comparativement récentes. Sur les points où le fait a eu lieu, on verra que les mêmes espèces d'animaux et de plantes sont communes aux terres actuellement disjointes, et que les mers qui les séparent sont ordinairement peu profondes. Mais si les productions naturelles sont dissemblables, on peut croire en toute sûreté que la séparation s'est faite à une époque plus reculée, comme dans le cas déjà mentionné de Madagascar et de l'Afrique, où nous avons vu que la mer intermédiaire est très-profonde.

Dans la carte, fig. 132, *a b* indique une ligne de sondage inférieure à 100 brasses, la mer, à l'ouest de cette ligne, ayant

partout une profondeur moindre ; et c'est là qu'on trouve rigoureusement définies les limites qui séparent les deux faunes, l'Indienne et l'Australienne. A propos du contraste qu'offrent les animaux habitant les deux régions, M. Wallace dit : « Il n'existe en Australie ni singes d'aucune espèce, ni chats, ni tigres ; on y remarque l'absence de loups, ours et hyènes, de cerfs, moutons et bœufs, de l'éléphant, du cheval, de l'écureuil et du lièvre ; en un mot, de tous ces types familiers de quadrupèdes que l'on rencontre dans la région Indienne. Au lieu de ces espèces, l'Australie possède ses marsupiaux, ses kangourous, ses opossums et ses wombats, ainsi que les représentants d'une division encore plus inférieure de mammifères, tels que le Platypus à bec de canard (*Ornythorinchus*) et l'Echidné. Ses oiseaux », continue le même auteur, « sont presque aussi particuliers : elle n'a ni pies, ni faisans, familles qui existent dans toute autre partie du monde ; mais à leur place elle a des dindons enfouisseurs, des guêpiers, des kakatoès et des Loris à langue rugueuse que l'on ne trouve nulle part ailleurs sur le globe (1). »

Si, traversant le détroit, on passe de Lombok à Bali, trajet que l'on peut faire en deux heures, on remarque, sur le côté occidental, un contraste complet dans la vie animale. On trouve, par exemple, des barbus, des pics et des grives, au lieu de guêpiers et de dindons sauvages. De même, si l'on passe de Bornéo ou de Java aux Célèbes, aux Moluques et à la Nouvelle-Guinée, la différence est presque aussi frappante. A Java, comme à Bornéo, les forêts abondent en singes de plusieurs espèces, et l'on y trouve constamment des chats sauvages, des cerfs, des civettes, des loutres et des écureuils. Aux Célèbes et aux Moluques, on ne rencontre aucune de ces espèces, mais l'animal terrestre le plus commun y est l'opossum à queue prenante. On trouve cependant dans ces con-

(1) Wallace, *Physical Geography of Malay Archipelago*. *Journal of Geographical Society*, 1864.

trées des porcs et des cerfs de types Indiens, que l'homme y a probablement introduits.

De plus, M. Wallace nous fait remarquer que la diversité dans les productions naturelles des deux grandes régions ne correspond avec aucune des divisions physiques ou climatologiques de la surface. Des deux côtés de la ligne de démarcation, on trouve sous la même latitude des îles d'origine volcanique également couvertes de forêts et semblables, sous le rapport du sol, de l'élévation, de l'humidité, de la sécheresse et de la fertilité. Comment expliquer alors la distinction des deux faunes? La mer plus profonde qui sépare les terres situées à l'est de la ligne *a b* (fig. 132) de celles qui se trouvent à l'ouest, nous ferait croire à une plus longue période de séparation. Toujours est-il qu'on peut demander comment il est possible de concevoir qu'un canal dont la largeur, sur un point, n'est que de 24 kilomètres, a pu avoir pour effet d'empêcher l'émigration des espèces d'une région à une autre? Avant de rendre compte des spéculations de M. Wallace à ce sujet, nous constaterons qu'il y a déjà un commencement de colonisation d'une province à une autre, quoiqu'il soit peut-être moins important qu'aucun de ceux dont nous avons parlé comme s'effectuant sur un des points de contact des cinq grandes provinces zoologiques. Il existe à Lombok plusieurs mammifères de la classe des placentaires, dont le plus grand est le singe appelé *Macacus cynomolgus*. Quant au porc sauvage, il y a été probablement introduit par l'homme, et l'on peut en dire autant du cerf des Moluques que l'on rencontre dans l'île de Timor. Le *Paradoxurus musanga* de la tribu des putois, que l'on trouve aussi dans la plupart des îles situées à l'est de la ligne *a b*, se voit souvent à l'état domestique. Mais la présence d'une musaraigne et d'un animal de race féline, *Felis megalotus*, particulier à Timor, est plus difficile à expliquer, à moins de supposer que notre connaissance des mammifères de Java est encore défectueuse, ce qui n'est nulle-

ment improbable. A partir de Lombok les écureuils s'étendent dans la direction de l'est jusqu'à Sumbawa, mais pas au delà.

En ce qui concerne Bornéo et les Célèbes, il parait y avoir eu une fusion partielle des mammifères à quelque époque reculée, car on trouve aux Célèbes une espèce de babouin, un chat sauvage et un écureuil, qui appartiennent tous à des *genres* Indiens. Mais qu'un si petit nombre de mammifères de Bornéo aient passé aux Célèbes, et que les deux contrées ne possèdent en commun tout au plus qu'un oiseau terrestre et très-peu d'insectes, voilà, dit M. Wallace, un fait bien plus extraordinaire que la distinction observée entre la faune de Bali et celle de Lombok; car ces deux dernières iles, étant complétement d'origine volcanique, peuvent être d'une date comparativement moderne, tandis que Bornéo et les Célèbes, vu leur grande étendue et leur altitude, doivent remonter à une époque très-ancienne. En outre, bien que la mer soit beaucoup plus large entre ces deux dernières iles qu'elle ne l'est au détroit de Lombok, le grand développement de leurs côtes opposées aurait dû être éminemment favorable à une émigration réciproque.

C'est un fait singulier qu'il existe des espèces distinctes de porcs sauvages dans presque toutes les grandes iles telles que Sumatra, Bornéo, Java, la Nouvelle-Guinée et Timor, et que Gilolo soit habitée, dit-on, par une ou plusieurs autres espèces de la même famille. Quelques-unes d'entre elles y auront sans doute été introduites par l'homme à une époque si éloignée qu'elles ont eu le temps de varier considérablement de leur souche parente, car s'il est vrai, ainsi qu'on l'admet généralement, que les porcs Japonais dont on a récemment exposé des spécimens au jardin zoologique de Londres ne soient que de pures variétés du *Sus Indica* domestique, il est facile de concevoir qu'une faible divergence additionnelle suffise pour constituer une véritable espèce. Nous verrons dans le chapitre suivant des exemples de porcs, entraînés dans la mer par une

inondation, qui ont nagé à de grandes distances; ce qui expliquerait comment il a été possible à quelques-uns de ces animaux de passer ainsi d'une île dans une autre.

Quand on songe aux exemples biens connus d'oiseaux doués même d'un vol lourd qui, pendant de fortes tempêtes, ont été portés par le vent à de très-grandes distances au-dessus de la mer, il paraît fort étrange qu'un si petit nombre de quadrupèdes, d'oiseaux et d'insectes aient pris pied sur les bords opposés de canaux tels que ceux qui forment les détroits de Lombok et de Macassar. A cela on peut répondre que le pouvoir de première occupation est assez fort pour permettre aux anciens habitants indigènes de s'opposer à l'établissement permanent de quelques individus isolés d'espèces étrangères. Quant au détroit de Lombok, il est très-étroit; mais il est constamment parcouru par un courant marin si rapide, que cette circonstance a dû empêcher les quadrupèdes et les reptiles de traverser facilement à la nage d'une rive à l'autre.

Dans le but d'expliquer plus aisément la séparation tranchée qui existe entre la faune Indienne et la faune Australienne, ainsi que plusieurs exceptions partielles relativement à la distinction des deux groupes d'animaux qu'on observe dans quelques îles de l'archipel Malais, M. Wallace a suggéré une comparaison imaginaire dont je ne vais donner qu'une esquisse abrégée. Supposons que le lit de l'Atlantique soit graduellement converti en terre ferme, en partie par le dépôt de grandes masses de sédiment déversées par les rivières, et en partie par un soulèvement lent et par l'action volcanique. Supposons que les deux continents de l'Afrique et de l'Amérique deviennent de plus en plus étendus, de sorte que l'Océan, qui les sépare actuellement, soit définitivement réduit à n'être plus qu'un bras de mer de quelques centaines de kilomètres de large. Imaginons qu'en même temps plusieurs îles aient été soulevées dans le milieu de ce canal et que, suivant les variations d'intensité des forces souterraines et le dépla-

cement de leurs foyers les plus actifs, ces îles se soient reliées tantôt avec la terre principale d'un côté du détroit, tantôt avec la terre du côté opposé; qu'en outre il ait été donné à deux ou plusieurs de ces îles de s'unir accidentellement ensemble, et puis de se séparer de nouveau, jusqu'à ce qu'enfin, remplissant le canal océanique de l'Atlantique, elles constituent un archipel dont la configuration et l'arrangement n'offriraient aucun moyen de découvrir laquelle d'entre ces îles a été unie soit à l'Afrique, soit à l'Amérique. Mais, dans ce cas, les animaux et les plantes qui les habitent nous révèleraient certainement cette partie de leur ancienne histoire. Dans les îles qui ont toujours fait partie du continent Américain méridional, on serait sûr de trouver des oiseaux communs tels que pies, toucans, aras, colibris, et quelques quadrupèdes particuliers tels que singes-araignées, pumas, tapirs, fourmiliers et paresseux; tandis que dans celles qui ont été séparées de l'Afrique, on rencontrerait infailliblement des calaos, des loriots et des guêpiers, ainsi que des quadrupèdes contrastant fortement avec ceux de l'Amérique du Sud, tels que babouins, lions, éléphants, buffles et girafes. Ces îles intermédiaires qui, à différentes époques, auraient été temporairement reliées avec l'un ou l'autre des continents, devraient présenter un certain mélange dans la composition de leurs habitants actuels, et c'est en effet, d'après M. Wallace, ce qui paraît arriver dans les Célèbes et les Philippines. D'autres îles, au contraire, quoique aussi rapprochées les unes des autres que Bali et Lombok, offriraient un échantillon presque pur des productions des continents dont jadis elles ont fait directement ou indirectement partie.

Dans l'archipel Malais, on trouve les indications d'un vaste continent Australien qui jadis se prolongeait à l'ouest jusqu'aux Célèbes, et était caractérisé par une faune et une flore particulières; la partie occidentale de ce continent se serait ensuite divisée graduellement et irrégulièrement en un certain

nombre d'iles. En même temps l'Asie, d'abord séparée du continent Australien par un large océan, paraît avoir étendu ses limites dans la direction nord-est, en formant une masse continue qui enclavait Sumatra, Java et Bornéo, et s'étendait probablement jusqu'à la ligne actuelle de sondage de 100 brasses, c'est-à-dire jusqu'à la ligne de démarcation *a b* de la carte, fig. 132. Plus tard, la portion sud-est de cette terre se sépara en iles, comme on les voit aujourd'hui, quelques-unes d'entre elles se trouvant actuellement presque en contact avec les fragments épars du grand continent Méridional ou Australien.

La distribution des animaux et des plantes dans les iles océaniques présente quelques particularités qui ont une portée plus directe et plus évidente sur la question de l'origine des espèces par variation que les groupements d'espèces qu'on observe sur les grandes aires continentales. Aussi consacrerai-je un chapitre spécial à l'examen de ce sujet (1); mais comme il me serait impossible de raisonner sur les faits un peu exceptionnels qu'offrent ces iles par rapport aux théories de l'origine des espèces, sans recourir constamment aux facultés relatives de migration dont jouissent ces différentes espèces, je commencerai par traiter ce dernier sujet, et passerai ensuite à l'étude des flores et faunes insulaires.

(1) Chap. XLI.

CHAPITRE XXXIX.

SUR LA MIGRATION ET LA DISPERSION DES ANIMAUX TERRESTRES.

Migration des quadrupèdes. — Instinct de migration. — Transport d'animaux sur des champs de glace. — Migration des oiseaux. — Migration des reptiles. — Influence involontaire de l'homme sur la dispersion des animaux.

Avant de considérer la distribution géographique des animaux aquatiques, il convient de rechercher les moyens à l'aide desquels les espèces terrestres peuvent se répandre à la surface de la terre. La tendance qu'a chaque espèce à se multiplier est si grande, qu'à moins de rencontrer un obstacle, elle se propagerait sur un espace aussi étendu que possible. Que les animaux se nourrissent de plantes ou qu'ils vivent aux dépens d'autres animaux, ils ne cessent d'élargir les limites de leur habitation que lorsqu'ils se trouvent arrêtés par quelque espèce rivale, mieux adaptée au sol, au climat et aux conditions organiques de la contrée, ou par une chaîne continue et très-élevée de montagnes infranchissables, ou par un désert, ou par la mer, ou par la chaleur, ou par le froid, ou par quelque autre barrière.

M. Wallace et M. Bates ont montré que de grands fleuves, tels que les Amazones et le Rio Grande, peuvent offrir des barrières insurmontables à l'extension de plusieurs espèces de singes, même lorsque les bords opposés sont couverts de forêts de la même nature. M. Darwin mentionne aussi que la Viscache, rongeur assez semblable à un fort lapin, et très-abondant dans les Pampas, n'a jamais pu, bien qu'elle ait traversé la rivière plus large du Parana, se porter de l'autre côté de celle de l'Uruguay. La géologie nous enseigne que les continents actuels ont été formés par l'union de grandes îles préexistantes, et que ce qui constituait anciennement des détroits a souvent

été converti, à la suite d'un nouvel arrangement des terres, en larges vallées et en lits de grandes rivières telles que les Amazones, l'Orénoque et la Plata. Il est donc probable que le véritable obstacle à l'extension plus grande de plusieurs espèces ne consiste pas dans l'impuissance de ces espèces à traverser à la nage de grandes rivières, mais en ce que la contrée située sur l'autre rive se trouve déjà occupée par un assemblage d'animaux parfaitement acclimatés. Si quelque espèce étrangère tente de s'y introduire, elle est repoussée par une espèce rivale, déjà nombreuse et solidement établie dans la région (1). Mais les rivières et les bras de mer étroits peuvent bien rarement s'opposer à la migration des quadrupèdes ; car la plupart d'entre eux nagent fort bien, et il en est très-peu qui ne puissent avoir recours à ce moyen quand ils sont menacés de quelque danger, ou excités par quelque besoin impérieux. Ainsi, parmi les carnassiers, on voit le tigre nager à travers les îles et les criques dans le delta du Gange, et le jaguar traverser sans efforts les plus grands cours d'eau de l'Amérique du Sud (2). L'ours et le bison traversent aussi le courant du Mississipi. L'erreur généralement répandue que le porc commun ne peut se sauver à la nage, lorsqu'on le lance à l'eau, a été contredite par plusieurs exemples aussi curieux qu'authentiques, que l'on a recueillis lors des inondations qui ont eu lieu en Écosse, en 1829. Un jeune porc, âgé de six mois seulement, ayant été entraîné depuis Garmouth jusqu'à la barre qui se trouve à l'embouchure de la Spey, c'est-à-dire à une distance de 400 mètres, nagea vers l'est, dans la direction de Port-Gordon, où il aborda sain et sauf, après avoir parcouru un espace de 6,400 mètres. Trois autres porcs, de même âge et provenant de la même portée, traversèrent dans le même temps 8 kilomètres de distance vers l'ouest, et abordèrent à Blackhill.

(1) Andrew Murray, *Distribution géographique des mammifères*, 1866, p. 18.
(2) Buffon, vol. V, p. 204.

A l'état adulte et sauvage, ces animaux eussent eu probablement plus de force et d'agilité; et, vivement pressés, ils auraient pu accomplir un voyage beaucoup plus long, s'ils avaient été aidés surtout par de puissantes marées et par de forts courants. C'est ainsi que les îles éloignées des continents acquièrent quelquefois des habitants par suite d'accidents qui, ainsi que les orages ressentis en 1829 dans le Morayshire, peuvent n'avoir lieu qu'une fois en plusieurs siècles, ou même en plusieurs milliers d'années, dans des circonstances tout à fait semblables.

Feu Edward Forbes m'a raconté que se trouvant à bord d'un bâtiment en exploration dans l'archipel Grec, commandé par le lieutenant Graves, de la marine Royale, les matelots s'amusèrent à lancer un terrier sur un porc domestique dont ils avaient fait récemment l'acquisition. L'animal se sentant acculé, s'était jeté à la mer par-dessus le bordage, et avait fait route vers la terre la plus proche en vue, qui était à plusieurs kilomètres de distance. Comme le porc était dans un état qui le rendait plus propre à être servi sur une table qu'à accomplir des actes d'agilité, et que les gens de sa tribu n'ont pas une grande réputation de nageur, les matelots ne se pressèrent pas de mettre un canot à la mer pour lui donner la chasse, de sorte que l'animal ayant sur eux une belle avance, aborda bientôt après le coucher du soleil, juste au moment où ses pourchasseurs allaient l'atteindre, mais trop tard, vu l'obscurité, pour qu'il leur fût possible de continuer sa poursuite.

C'est surtout à l'éléphant sauvage que la faculté de traverser les rivières est indispensable; car la grande quantité de nourriture que consomme un troupeau de ces animaux les oblige sans cesse à changer de place. L'éléphant traverse un cours d'eau de deux manières. Si le lit de la rivière est solide, et si l'eau n'a pas trop de profondeur, il passe à gué. Mais quand il rencontre de grands fleuves, tels que le Gange

et le Niger, il les traverse à la nage, en s'enfonçant dans l'eau au point que l'extrémité de sa trompe est seule en dehors ; car il lui importe peu que son corps soit complétement immergé, pourvu qu'au moyen de sa trompe il puisse se procurer à la surface l'air qui lui est nécessaire pour respirer.

Les bêtes fauves vont fréquemment à l'eau, surtout dans la saison du rut, époque où l'on voit les cerfs faire souvent plusieurs lieues de suite en nageant ; c'est ainsi que, dans les lacs du Canada, surtout, ils vont d'île en île à la recherche des femelles, et que, dans les contrées où des îles se trouvent près du rivage de la mer, on les voit se jeter sans crainte à l'eau pour s'y rendre. Aux chasses qui se font dans l'Amérique du Nord, l'élan de cette contrée est souvent poursuivi dans l'eau jusqu'à de grandes distances.

Les grands herbivores qui vivent par troupes ne peuvent jamais séjourner longtemps dans la même région, à cause de l'énorme quantité de végétaux qu'ils absorbent ; aussi les immenses troupeaux de bisons (*Bos Americanus*) qui, souvent, dans les grandes vallées du Mississipi et de ses tributaires, donnent à la surface des prairies une teinte noirâtre, sont-ils forcés de changer continuellement de place, toujours suivis, dans leurs mutations, par des loups qui rôdent près de leur arrière-garde. « Il n'y a rien d'exagéré », dit M. James, « à affirmer qu'un jour, sur un point des bords de la Platte, plus de dix mille bisons s'offrirent tout d'un coup à notre vue. Le lendemain matin, nous essayâmes de retrouver ce tableau vivant ; mais sur toute la plaine qui, le soir précédent, était couverte de cette masse imposante d'animaux, il n'en restait pas un seul (1). »

Instinct de migration. — Outre la disposition commune aux individus de toutes les espèces, d'étendre graduellement les limites de leurs habitations en cherchant, à mesure qu'ils

(1) *Expedition from Pittsburg to the Rocky Mountains*, vol. II, p. 153.

augmentent en nombre, à se procurer de la nourriture, souvent un instinct de migration, vraiment extraordinaire, se manifeste en eux, quand, après une saison de reproduction inaccoutumée, ou lors d'un manque subit de subsistances, ils se voient en foule menacés par la famine. Il peut être utile de citer quelques exemples de ces migrations, pour prévenir toute tendance à supposer qu'une espèce est très-ancienne, uniquement parce qu'elle se trouve dispersée sur un grand espace : ces exemples font voir le peu de temps qu'il faut pour qu'une espèce quelconque, à l'état de nature, puisse se répandre d'un seul point dans toutes les directions, et, comment le territoire occupé par un animal peut être envahi par d'autres individus, en entraînant accidentellement l'extermination de l'espèce la plus faible.

Dans les hivers très-rudes, un grand nombre d'ours noirs d'Amérique se rendent du Canada dans les États-Unis ; mais ils n'émigrent point et passent leur quartier d'hiver dans le nord, lorsque la saison est moins rigoureuse et qu'ils ont une subsistance abondante (1). Le renne qui, en Suède, a peine à vivre au sud du soixante-cinquième parallèle, descend, par suite du refroidissement du climat, jusqu'au cinquantième degré, dans la Tartarie Chinoise ; souvent même il s'avance jusqu'à des latitudes plus méridionales que celles d'aucune partie de l'Angleterre.

En Laponie, ainsi que sous plusieurs autres latitudes élevées, chaque fois que, faute de nourriture, les écureuils communs sont forcés de quitter leurs demeures ordinaires, ils émigrent par troupes extrêmement nombreuses, et voyagent en ligne droite, sans que les forêts, les rochers ou même des cours d'eau fort larges soient capables de les détourner de leur marche. Le petit rat de Norwége parfois émigre aussi de la même manière, en marchant toujours devant lui, à travers

1 *Richardson's Fauna Boreali-Americana*, p. 16.

les lacs et les rivières. Pennant rapporte que lorsqu'au Kamtchatka, les rats deviennent trop nombreux, ils se réunissent à l'époque du printemps, et se dirigent en grandes troupes vers l'ouest, passant les rivières, les lacs et les bras de mer à la nage. Un grand nombre d'entre eux se noient ou sont détruits par les oiseaux aquatiques ou les poissons. Aussitôt qu'ils ont traversé la rivière Penginsk, à l'entrée du golfe de même nom, ils tournent au sud et atteignent, vers le milieu de juillet, les rivières Ioudoma et Okhotsk, dans un district situé à plus de 1,280 kilomètres de leur point de départ.

Les Lemings, autre petite espèce de rat, passent pour être indigènes des monts Kolen, en Laponie ; une fois ou deux par quart de siècle, on les voit apparaître en très-grand nombre et « dévorer, sur leur passage, tout ce qu'ils rencontrent de verdure sur le sol. » Des bandes innombrables de ces petits animaux se rendent des monts Kolen, en passant par le Nordland et le Finmark, à l'océan Occidental, où ils entrent immédiatement, et dans lequel, après avoir nagé pendant quelque temps, ils périssent. D'autres bandes de lemings se dirigent par la Laponie Suédoise, vers le golfe de Bothnie, où ils se noient également. Ils sont suivis dans leurs voyages par des ours, des loups et des renards, à qui ils servent incessamment de pâture. Leur marche s'opère, en général, suivant des lignes exactement parallèles et séparées les unes des autres par une distance de 90 centimètres environ : ils vont toujours droit

Fig. 133.



Le Leming ou Marmotte de Laponie. (Mus Lemmus, *Linn.*)

en avant, ne se laissant arrêter ni par les rivières, ni par les lacs ; et quand ils rencontrent des meules de foin ou de blé, ils s'y frayent avec leurs dents un chemin et les traversent plutôt que d'en faire le tour (1). Ces excursions sont ordinairement l'indice d'un hiver rigoureux, que ces animaux semblent pressentir.

De nombreuses troupes d'ânes sauvages, ou *onagres* des anciens, qui habitent les déserts montagneux de la Grande-Tartarie, paissent, pendant l'été, dans les terres situées à l'est et au nord du lac Aral. En automne ils se réunissent par troupes de plusieurs centaines, et même de plusieurs milliers, et dirigent leur course vers le nord de l'Inde, s'avançant même jusqu'en Perse, pour y trouver une retraite chaude pour l'hiver (2). Des bandes de deux ou trois cents quaggas, espèce d'âne sauvage, émigrent quelquefois depuis les plaines tropicales du midi de l'Afrique jusque dans le voisinage de la rivière Malaleveen. Dans leurs migrations ils sont suivis par des lions qui en égorgent chaque nuit (3).

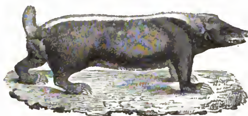
Les essaims émigrants de springboks ou antilopes du Cap fournissent un autre exemple de la rapidité avec laquelle une espèce peut, sous l'influence de certaines circonstances, se répandre sur un continent. Quand les étangs stagnants des immenses déserts situés au sud de la rivière Orange viennent à se dessécher, ce qui arrive tous les trois ou quatre ans, des myriades de ces animaux abandonnent le sol mis à sec, et vont fondre comme un déluge sur les régions cultivées qui avoisinent le Cap. Les ravages qu'ils exercent peuvent se comparer à ceux des sauterelles d'Afrique, et leurs troupes sont tellement compactes « qu'on a vu le lion n'avoir exactement, en marchant au milieu de cette phalange serrée, que l'espace laissé par celles de ses victimes qui, placées plus près de lui

(1) *Phil. trans.*, vol. II, p. 872.
(2) *Wood's Zoogrophy*, vol. I, p. 11.
(3) Ce fait est rapporté d'après Campbell, *Library of Entert. Know*; *Menageries*; vol. I, p. 152.

et redoutant ses atteintes, cherchaient à s'en éloigner en se pressant contre les rangs voisins (1). »

Le docteur Horsfield fait mention d'un fait singulier, relatif à la distribution géographique du *Mydaus meliceps*, animal intermédiaire entre le putois et le blaireau. Il habite Java et « vit exclusivement dans les montagnes dont la hauteur excède 2,100 mètres au-dessus du niveau de la mer ; là il se rencontre avec la même régularité que plusieurs plantes. La surface de Java, présentant dans sa longueur une multitude de volcans isolés à sommités coniques qui surpassent cette élévation, offre à l'animal en question un grand nombre de points

Fig. 134.



Mydaus Meliceps, ou Mydaus à tête de blaireau. Longueur 0m,41, y compris la queue

qui lui servent de refuge. En gravissant ces montagnes, il est rare que le voyageur ne rencontre pas cet animal qui, par les particularités qui le distinguent, est généralement connu des habitants de ces régions élevées, tandis que pour ceux des plaines, il est aussi étranger que s'il appartenait à un pays éloigné. » Je n'ai jamais visité les districts montagneux sans en rencontrer, et, d'après le témoignage des naturels, cet animal se retrouve sur toutes leurs montagnes (2).

Or, si l'on demande comment les Mydaus parvinrent aux régions élevées de toutes ces montagnes isolées, nous répon-

(1) *Cuvier's Animal Kingdom by Griffiths*, vol. II, p. 109. *Library of Entert. Know. Menageries*, vol. I, p. 866.

(2) Horsfield, *Zoological Researches in Java*, n° 11, ouvrage d'où a été tirée la figure que l'on reproduit ici.

drons qu'il serait fort possible qu'avant que l'île fût habitée par l'homme, qui a diminué de beaucoup le nombre de ces animaux, ceux-ci se fussent quelquefois reproduits au point de se réunir par troupes et d'émigrer ; malgré la lenteur de leurs mouvements, quelques-uns d'entre eux arrivaient alors à atteindre une autre montagne, située à 32 kilomètres, ou même à 80 kilomètres de celle qu'ils abandonnaient ; car, bien que le climat des plaines brûlantes intermédiaires leur fût défavorable, ils pouvaient le supporter pendant quelque temps, et trouvaient dans ces plaines des multitudes d'insectes qui servaient à leur subsistance. Les éruptions volcaniques qui, à différentes époques, ont couvert de cendres et de sables stériles le sommet de plusieurs de ces cônes élevés peuvent aussi avoir, parfois, concouru à déterminer ces migrations.

Transport d'animaux sur des champs de glace. — La faculté de traverser les mers est extrêmement bornée chez les mammifères terrestres, et nous avons déjà vu que la même espèce n'est presque jamais commune à des districts séparés par une grande étendue de mer. Si cette règle présente quelques exceptions, il est, en général, possible de les expliquer : car il y a des moyens naturels à l'aide desquels certains animaux peuvent traverser l'eau en flottant ; et de plus, la mer se frayant, dans le cours des siècles, un large passage à travers une langue de terre, laisse des individus, appartenant à une même espèce, de chaque côté du nouveau canal. On sait que les ours polaires ont souvent été transportés sur la glace, du Groënland en Islande : ils parcourent en nageant de grandes distances, car le capitaine Parry, au retour de son voyage au pôle, en a rencontré un dans le détroit de Barrow, en un point où l'on n'apercevait aucune glace, et à mi-chemin environ entre les deux rivages situés à près de 64 kilomètres l'un de l'autre (1). « Près de la côte orientale du Groënland », dit Scoresby, « on

(1) *Append. to Parry's Second Voyage*, 1819-20.

a vu sur la glace un si grand nombre d'ours, qu'on les a comparés à un troupeau de moutons dans un pré ; souvent aussi on en rencontre sur des champs de glace, à plus de 320 kilomètres du rivage (1). » Dans les régions polaires arctiques, les loups s'aventurent souvent sur les glaces qui avoisinent les côtes, pour aller dévorer de jeunes veaux marins qu'ils surprennent dans leur sommeil. Lorsque ces champs de glace viennent à se détacher, les loups souvent se trouvent entraînés à la mer ; et quoique quelques-uns parviennent à gagner des îles ou des continents, le plus grand nombre d'entre eux périt ainsi faute de nourriture, en faisant entendre d'horribles hurlements (2).

Pendant le court été dont jouit l'île Melville, les feuilles et les fleurs de diverses plantes qui croissent dans cette île se montrent au moment où le sol se dégage de la neige qui le recouvrait, et forment un tapis émaillé des plus vives couleurs. Ces lieux privilégiés sont envahis chaque année par des troupeaux de bœufs musqués et de rennes qui, partant du continent de l'Amérique septentrionale, traversent d'immenses étendues de glace, pour venir paître tranquillement dans ces abondants pâturages (3). Les rennes parcourent souvent ainsi la chaîne des Aléoutiennes, depuis le détroit de Behring jusqu'au Kamtchatka, se nourrissant en chemin de la mousse qu'ils trouvent dans ces îles (4). Mais le bœuf musqué, malgré ses habitudes de migration et ses longs voyages sur la glace, ne se rencontre ni en Asie ni dans le Groënland (5).

Sur des îles formées de bois flottant. — Il n'y a point de champs de glace entre les tropiques ; mais, en compensation de ce mode de transport, il s'y trouve des îlots flottants qui, formés d'arbres entrelacés, sont souvent entraînés à des

(1) *Account of the Arctic Regions*, vol. I, p. 518.
(2) Turton, *Note sur l'Hist. Nat. de Goldsmith*, vol. III, p. 43.
(3) *Supplement to Parry's First Voyage of Discovery*, p. 189.
(4) *Godman's American Nat. Hist.*, vol. I, p. 22.
(5) Dr Richardson, *Brit. Assoc. Report*, vol. V, p. 161.

distances considérables. Parfois, on aperçoit quelques-unes de ces îles, flottant à 80 ou 160 kilomètres de l'embouchure du Gange, avec des arbres vivants, placés verticalement sur leur surface. Il se forme aussi dans l'Amazone, l'Orénoque et le Congo, des rafts verdoyants, exactement de la même manière que celle qui a été déjà décrite quand nous avons parlé de l'Atchafalaya, un des bras du Mississipi, où un pont naturel de bois de 16 kilomètres de long sur plus de 200 mètres de large s'est maintenu pendant plus de quarante années, supportant une végétation luxuriante, et s'élevant et s'abaissant avec l'eau qui coulait au-dessous.

Sur ces îles flottantes du Mississipi, de jeunes arbres prennent racine ; le nénuphar et le pistia y étalent leurs fleurs jaunes; les serpents, les oiseaux et les caïmans alligators viennent se reposer sur ces radeaux fleuris et verdoyants qui arrivent quelquefois jusqu'à la mer, où ils s'engloutissent.

Spix et Martius rapportent que, pendant leurs voyages au Brésil, ils furent, en remontant la rivière des Amazones dans un canot, exposés à un grand danger, par suite de l'énorme quantité de bois flottant que le courant chassait sans cesse contre eux ; ils ne durent leur salut qu'au soin que prit l'équipage de détourner à chaque instant, avec de longues perches, les troncs d'arbres qui venaient à leur rencontre. Quelques-uns de ces arbres ne laissaient voir que leur cime au-dessus de l'eau; d'autres avaient leurs racines entourées d'une si grande quantité de terre, qu'on pouvait les comparer à des îlots flottants. Sur ces rafts, disent les voyageurs, nous vîmes de bizarres assemblages d'animaux qui poursuivaient tranquillement leur route incertaine au milieu de la plus étrange compagnie. Sur l'un se trouvaient des cigognes à l'air grave, perchées près d'un groupe de singes qui se mirent à faire les gestes les plus comiques, et à jeter des cris perçants à la vue du canot. Sur un autre on voyait des canards et des plongeons placés auprès de plusieurs écureuils. Venait ensuite,

sur le tronc d'un grand cèdre pourri, un énorme crocodile à côté d'un chat-tigre; tous deux se regardaient avec défiance et d'un air d'hostilité, mais le saurien avait plus d'assurance que l'autre; on eût dit qu'il sentait la supériorité de sa force (1).

D'autres rafts, également verts, mais formés principalement de roseaux et de menu bois, sont désignés, sur le Parana, dans l'Amérique du Sud, sous le nom de *camelotes*. Quelquefois, entraînés par des inondations, ils transportent des caïmans, des tigres, des écureuils et d'autres quadrupèdes qui, sur cette habitation flottante, sont toujours en proie à la plus grande terreur. Une nuit, quatre tigres (*pumas*) abordèrent ainsi à Montévidéo, par 35° de latitude sud, au grand effroi des habitants qui, le matin, les trouvèrent rôdant dans les rues de la ville (2).

Dans un mémoire publié dans le *United service Journal* (n° XXIV, p. 697), un officier de marine rapporte qu'en revenant de la Chine par le passage oriental, il rencontra, dans les Moluques, plusieurs petites îles flottantes de ce genre, couvertes de mangliers entremêlés de bois taillis. Les arbres et les arbustes conservaient leur verdure, et recevaient leur subsistance d'une couche de terre végétale qui, formant une sorte de rivage blanchâtre autour du bord de chaque raft, se trouvait tout à la fois baignée par les vagues et exposée aux rayons du soleil. L'existence d'un pareil sol autour de ces rafts peut aisément s'expliquer; car tous les ponts naturels de bois flottant qui parfois relient les îles du Gange, du Mississipi et d'autres rivières, avec les bords de ces fleuves, sont exposés à être inondés par des eaux fortement chargées de sédiment.

Je tiens de feu l'amiral W. H. Smyth qu'en croisant sur le *Cornwallis* au milieu des îles Philippines, il a vu plus

(1) Spix et Martius, *Reise*, etc., vol. III, p. 1011-1013.

(2) Sir W. *Parish's Buenos-Ayres*, p. 187, et *Robertson's letters on Paraguay*, p. 220.

d'une fois, après ces ouragans terribles qu'on nomme typhons, des masses flottantes de bois portant des arbres qui végétaient à leur surface. Quelquefois aussi, des vaisseaux se sont trouvés dans un péril imminent par suite de la méprise qui faisait prendre ces îles pour de la terre ferme, tandis qu'en réalité elles se mouvaient avec rapidité.

Il est fort intéressant de suivre par la pensée les effets du passage de ces rafts d'une grande rivière à quelque archipel, qui a été soulevé des profondeurs de la mer par l'action des volcans et des tremblements de terre. Si, par l'effet d'un orage, le frêle esquif vient à naufrager, cela n'empêche pas qu'un grand nombre d'oiseaux et d'insectes ne puissent, à l'aide de leurs ailes, réussir à gagner quelque île du groupe nouvellement formé, et que les graines et les baies des plantes et des arbustes, qui tombent dans les eaux, ne puissent atteindre le rivage. Mais si la surface de la mer est calme, et si les rafts sont entraînés par un courant, ou poussés par quelque brise légère, soufflant à travers le feuillage des arbres, il arrivera qu'après une navigation de plusieurs semaines, ils toucheront à la baie d'une île, dans laquelle les plantes et les animaux ainsi transportés seront déposés comme s'ils sortaient d'une arche ; c'est ainsi que, d'une seule fois, s'y trouvera naturalisée une colonie de plusieurs centaines d'espèces nouvelles.

Quoique le transport de ces rafts constitue un fait accidentel et très-rare, qui n'arrive peut-être qu'une fois dans l'espace de mille ou dix mille ans, il peut néanmoins servir à expliquer comment, dans les régions tropicales, quelques espèces de mammifères, d'oiseaux, d'insectes, de coquilles terrestres et de plantes se sont étendues jusqu'à des terres où, faute de ce moyen, elles n'auraient jamais pu atteindre.

Migration des oiseaux. — Nous avons déjà constaté que les oiseaux, malgré leur grande puissance de locomotion, ne font point exception à la règle générale, à savoir : que des

groupes d'espèces distinctes sont circonscrits dans des limites définies.

Dans les zones correspondantes de l'hémisphère boréal et de l'hémisphère austral, les oiseaux terrestres et aquatiques offrent, en général, une grande analogie de forme; mais, sous le rapport spécifique, il y a rarement identité entre eux. Ce phénomène est vraiment remarquable, quand on considère la vitesse avec laquelle certains oiseaux qui, pourtant, ne sont pas doués d'une puissance de vol bien grande, se transportent en différentes régions, et la facilité avec laquelle plusieurs autres, qui possèdent une grande force d'aile, accomplissent leur voyage aérien. De nombreux oiseaux s'éloignent périodiquement des hautes latitudes pour éviter le froid de l'hiver et les inconvénients qui en résultent pour eux, tels que le manque d'insectes et de subsistance végétale. A cet effet, ils traversent souvent une portion de mer de plusieurs milliers de kilomètres d'étendue, et reviennent ensuite, à d'autres époques, avec la même sécurité.

Humboldt parle des migrations périodiques qu'accomplissent non moins régulièrement un grand nombre d'oiseaux aquatiques de l'Amérique, en passant d'une partie des tropiques à une autre, dans une zone où la température est la même pendant toute l'année. D'immenses troupes de canards abandonnent la vallée de l'Orénoque, quand la profondeur croissante des eaux de ce fleuve et l'inondation de ses rives empêchent ces animaux d'attraper du poisson, des insectes et des vers aquatiques. Ils se rabattent alors sur le Rio Negro et les Amazones, en passant des 8e et 3e degrés de latitude nord au 1er et au 4e degrés de latitude sud, et dirigeant leur course vers le sud-sud-est. En septembre, quand l'Orénoque décroît et rentre dans son lit, ces oiseaux retournent vers le nord (1).

Les hirondelles insectivores qui visitent les îles Britanniques

(1) *Voyage aux Régions équinoxiales*, vol. VII, p. 429.

périraient pendant l'hiver, si elles ne se transportaient, chaque année, dans des climats plus chauds. On suppose que, dans ces voyages aériens, la rapidité moyenne de leur vol est au moins de 80 kilomètres à l'heure; de sorte que, lorsqu'elles sont favorisées par le vent, elles atteignent plus promptement de plus chaudes latitudes. Spallanzani a calculé que l'hirondelle pouvait parcourir un espace de 148 kilomètres par heure, et il a supposé que la vitesse du martinet devait être beaucoup plus grande (1). Bachmann prétend que le faucon, le pigeon voyageur (*Columba migratoria*) et plusieurs espèces de canards sauvages de l'Amérique du Nord parcourent, dans leur vol, 64 kilomètres par heure, ou près de 1,600 kilomètres par vingt-quatre heures (2).

Tout le monde sait que, chaque hiver, quand sévissent de violentes rafales, plusieurs oiseaux d'Europe passent de ce dernier continent aux Açores, et l'on suppose que quelques-uns d'entre eux sont portés, par le vent, de la Grande-Bretagne dans ces iles (3). L'accomplissement de ces voyages n'exige pas de leur part un grand exercice de force musculaire; ils n'ont qu'à étendre leurs ailes et à se laisser ainsi pousser à travers l'air dans la direction du vent. En supposant qu'ils avancent à raison de 32 kilomètres par heure, ils atteindraient les îles en vingt-quatre heures, laps de temps qui n'excède pas celui pendant lequel la plupart des oiseaux peuvent subsister sans prendre de nourriture (Voir plus bas, p. 530).

Quand on songe à la facilité avec laquelle différentes espèces peuvent, dans le cours d'un certain nombre de siècles, être entraînées par des vents violents et par des ouragans, et, s'abandonnant à la tempête, se trouver dispersées au hasard dans diverses régions de la surface de la terre où il se pourrait que la température de l'atmosphère, la végétation et les pro-

(1) Fleming, *Phil. zool.*, vol. II, p. 43.
(2) *Silliman Amer. Journ.*, n° 61, p. 83.
(3) M. F. Du Cane Godman, *Ibis*, vol. II, 1865. — Nouvelle série.

ductions animales fussent appropriées à leurs besoins, on doit s'attendre à rencontrer des espèces distribuées d'une manière bizarre, et à se voir parfois dans l'impossibilité de déterminer leur pays natal. Je tiens de l'Amiral Smyth que, pendant qu'il travaillait au relèvement des côtes de la Méditerranée, il rencontra dans le Golfe de Lyon, à vingt ou trente lieues des rivages de France, un fort vent qui emportait un grand nombre d'oiseaux terrestres de différentes espèces, dont quelques-uns s'abattirent sur son vaisseau, tandis que d'autres furent jetés avec violence contre les voiles. C'est ainsi que plusieurs îles ont pu se trouver peuplées par des espèces d'oiseaux appartenant au continent le plus voisin.

Migration des reptiles. — Les tortues, au moment de la ponte, émigrent par troupes nombreuses d'une partie de l'océan à une autre; elles se rendent chaque année à l'île de l'Ascension, située à 1,280 kilomètres environ du continent le plus rapproché. Le Dr Fleming rapporte qu'une tortue appelée bec à faucon (*Chelonia imbricata*), espèce si commune dans les mers de l'Amérique, avait été prise à Papa-Stour, une des îles Shetland occidentales (1); et, suivant Sibbald, « ce même animal vint aux Orcades. » Tarton dit qu'en 1774 une autre de ces tortues fut prise dans la Saverne, et Borlose cite deux exemples de la tortue dite couverte de cuir (*C. coriacea*), que l'on observa en 1756 sur les côtes du Cornouailles. Ces animaux, qui appartiennent à des mers plus méridionales, ne doivent être considérés que comme des vagabonds attirés sur nos rivages par une nourriture abondante dans des temps de chaleur inaccoutumée, ou comme ayant été entraînés par le Gulf-Stream, ou chassés par la tempête sous de hautes latitudes.

Comme plusieurs des petits reptiles déposent leurs œufs sur des plantes aquatiques, il s'ensuit que ces œufs doivent

(1) *Brit. Animals*, p. 149, où l'on cite Sibbald.

souvent être entraînés avec rapidité par les rivières et transportés en des régions lointaines.

Quant aux grands ophidiens, l'arrivée à l'île de Saint-Vincent d'un de ces animaux, — circonstance qui se trouve constatée par le récit suivant, — montre de la manière la plus évidente comment ils peuvent se transporter à travers les mers. « Nous rapporterons comme un fait digne de remarque, dit M. Guilding, qu'un *Boa constrictor* nous fut dernièrement amené par les courants, enroulé autour du tronc parfaitement sain d'un gros cèdre qui, probablement, avait été arraché du rivage par les inondations de quelque grand fleuve de l'Amérique du Sud ; les énormes plis que formait ce reptile retombaient sur les branches du cèdre, où il semblait attendre sa proie. Heureusement on parvint à exterminer le monstre, mais ce ne fut qu'après qu'il eut tué quelques moutons. Son squelette, qui, aujourd'hui, est suspendu dans mon cabinet d'étude, me rappelle les dangers auxquels, plus tard, j'aurais été exposé dans mes excursions à travers les forêts de Saint-Vincent, si ce reptile formidable eût été une femelle pleine, et s'il se fût réfugié dans quelque retraite sûre (1). »

Influence involontaire de l'homme sur la dispersion des animaux et des plantes. — Dans un autre chapitre, je parlerai du rôle que joue l'homme relativement à la naturalisation des quadrupèdes et des oiseaux utiles dans de nouvelles régions, ainsi que des effets de cette colonisation, qui sont de limiter la distribution et quelquefois d'entraîner la destruction de certaines espèces indigènes de plantes et d'animaux. Quant à présent, je me bornerai à examiner la part que l'homme prend involontairement à la dissémination des espèces, dont la plupart ne sont pas seulement inutiles, mais encore nuisibles et dangereuses pour notre espèce.

(1) *Zool. Journ.*, vol. III, p. 406. Déc. 1827.

C'est ainsi que nous avons introduit dans toutes les parties de l'Amérique, le rat, qui n'était point indigène dans le Nouveau-Monde. Importé par des vaisseaux, il infeste maintenant une multitude d'îles et diverses parties de ce continent. Le rat de Norwége (*Mus decumanus*), qui a été importé de la même manière en Angleterre, y exerce les plus grands ravages, soit à bord des navires, soit dans les habitations.

Parmi les oiseaux, le moineau peut être cité comme une espèce connue pour avoir étendu ses limites proportionnellement aux progrès de la culture du sol. Dans le cours du siècle dernier, il s'est peu à peu propagé dans la Russie d'Asie, vers le nord et l'est, en suivant toujours la marche de la culture. On le vit d'abord sur l'Irtish, dans le gouvernement de Tobolsk, peu après que les Russes eurent commencé à mettre leurs terres en labour. En 1735, il remonta l'Obi jusqu'à Bérézof, et quatre ans plus tard jusqu'à Narym, c'est-à-dire à environ 15° de longitude plus à l'est. En 1710, on l'avait déjà vu dans les parties hautes des bords de la Léna, dans le gouvernement d'Irkoutsk. Aujourd'hui il est très-commun dans toutes ces contrées, mais il n'a point encore été trouvé dans les régions incultes du Kamtchatka (1).

La grande vipère (*Fer de lance*), espèce aussi venimeuse que le serpent à sonnettes, fait maintenant de grands ravages à la Martinique et à Sainte-Lucie, où elle a été introduite accidentellement par l'homme, mais elle ne se trouve dans aucune autre partie des Antilles.

Plusieurs insectes parasites qui attaquent nos personnes, et dont plusieurs passent pour être propres à notre espèce, ont été transportés dans toutes les parties de la terre et possèdent autant de titres que l'homme à être considérés comme ayant une distribution géographique *universelle*.

Un grand nombre d'insectes ont été importés par des vais-

(1) Gloger, *Aband. der Vogel*, p. 103. Pallas, *Zool. Rosso-Asiat.*, t. II, p. 197.

seaux, d'une contrée à une autre, surtout à des latitudes plus chaudes. La mouche ordinaire d'Europe a été introduite de cette manière dans toutes les iles de la mer du Sud. Malgré le froid du climat de l'Angleterre, on n'a pu empêcher la blatte orientale (*Blatta orientalis*) de pénétrer dans le pays et de s'y répandre à profusion dans les fours et les fournils, en faisant ainsi tourner à son profit la chaleur artificielle que l'on y produit. On sait aussi que des coléoptères et d'autres insectes xilophages, appartenant principalement à plusieurs espèces de l'Amérique septentrionale, ont été introduits en Angleterre dans des bois de charpente.

« D'autres, dit Malte-Brun (1), nous ont été apportés de l'Inde par suite de nos relations commerciales : tels sont le puceron, qui fait mourir le pommier; et deux sortes de névroptères, les *Lucifuga* et *Flavicola*, qui vivent principalement dans la Provence et aux environs de Bordeaux, où ils dévorent les bois de charpente des habitations et ceux des arsenaux maritimes. »

Parmi les mollusques, nous citerons le *Teredo navalis*, originaire des mers équatoriales, mais qui, par suite de son aptitude à s'attacher à la coque des navires, a été transporté en Hollande, où il détruit les vaisseaux et les pilotis. La même espèce s'est aussi naturalisée en Angleterre et dans d'autres contrées où se fait un commerce étendu. Une très-grande espèce terrestre, le *Bulimus undatus*, originaire de la Jamaïque, ainsi que d'autres iles des Antilles, a été importée à Liverpool, adhérant à des bois de charpente qui venaient des régions tropicales; et, d'après le témoignage de M. Broderip, elle est aujourd'hui naturalisée dans les bois qui se trouvent près de cette ville.

Dans tous ces exemples, ainsi que dans beaucoup d'autres, on peut regarder l'action involontaire de l'homme comme of-

(1) *Syst. de géog.*, vol. VIII, p. 169.

frant la plus grande analogie avec celle des animaux inférieurs. Sans nous en douter, nous contribuons, comme eux, à étendre ou à limiter la distribution géographique et le nombre de certaines espèces, conformément aux lois générales de l'économie de la Nature, qui, pour la plupart, échappent à notre examen.

CHAPITRE XL

SUR LA DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE ET LA DISPERSION DES ESPÈCES (*suite*).

Distribution géographique et migration des poissons. — Des testacés. — Des insectes. — Papillons qu'en a vu voler à 500 kilomètres des côtes. — Géographie botanique. — Dispersion des plantes. — Action des rivières et des courants. — Plantes marines. — Sargasse. — Action des animaux dans la distribution des plantes. — Action de l'homme, soit volontaire, soit involontaire, dans la dispersion des plantes.

Distribution géographique et migration des poissons. — Bien que les habitations des animaux marins soient moins connues que celles des espèces terrestres dont nous avons déjà parlé, il se trouve bien établi que leur distribution est soumise aux mêmes lois générales.

En comparant les poissons d'eau douce de l'Europe à ceux de l'Amérique du Nord, Sir John Richardson remarque que la seule espèce qui soit réellement commune aux deux continents est le brochet (*Esox lucius*) ; et ce qu'il y a de fort singulier, c'est que ce poisson est inconnu à l'ouest des Montagnes-Rocheuses, précisément sur la côte qui se trouve la plus rapprochée de l'ancien continent (1). Suivant le même auteur, les genres de poissons d'eau douce que l'on rencontre en Chine correspondent parfaitement avec ceux de la péninsule de l'Inde, mais les espèces ne sont pas les mêmes. « Quant à la distribution, ajoute-t-il, des poissons marins, l'interposition d'un continent qui s'étend depuis les tropiques jusque dans les parties tempérées ou plus froides de l'océan, sépare différents groupes ichthyologiques ; il en est de même à l'égard des espèces d'eau douce, pour lesquelles le même effet est pro duit par l'intrusion de bras de mer qui pénètrent au loin vers

(1) *Brit. Assoc. Reports*, vol. V, p. 203.

le nord, ou par la situation intermédiaire d'une chaine de montagnes élevées. Les poissons d'eau douce du Cap de Bonne-Espérance, ainsi que ceux de l'Amérique du Sud sont différents des poissons de l'Inde et de la Chine (1).»

Cuvier et Valenciennes font observer dans leur *Histoire des poissons*, que très-peu d'espèces de poissons marins traversent l'Atlantique, mais qu'un grand nombre d'entre elles sont communes aux côtes opposées de l'océan Indien, car les mêmes habitent la mer Rouge, la côte orientale de l'Afrique, Madagascar, l'île Maurice, les mers occidentales de la Chine, l'archipel Malais, les côtes septentrionales de l'Australie et toutes celles de la Polynésie (2). La diffusion vraiment extraordinaire de ces espèces, dit sir J. Richardson, doit être attribuée aux chaînes d'îles qui, dans cette région, courent de l'est à l'ouest, et qu'on ne trouve pas dans le profond Atlantique. Un archipel ayant une grande extension en longitude est favorable à la migration des poissons, en ce que les îles et les bancs intermédiaires de coraux dont il est formé offrent un plus grand développement de côtes, et, par suite, un plus grand nombre de points où les poissons peuvent déposer leur frai et trouver une nourriture appropriée à leurs besoins.

Quoique les coquilles marines soient tout à fait différentes sur les deux côtes opposées de l'isthme de Panama, le D[r] Günther n'en a pas moins constaté récemment que près d'un tiers des poissons marins, ou 48 espèces sur 158, sont communs à l'océan Pacifique et à la mer des Antilles. On a dit, pour expliquer cette distinction dans les espèces des testacés, que la côte, sur le bord oriental de l'isthme, est basse, et que la mer y est peu profonde, tandis que la côte occidentale, ou du Pacifique, est abrupte et formée de falaises perpendiculaires. D'où il suivrait, que les poissons dépendent beaucoup moins que les testacés de la configuration physique des côtes, et que leurs

(1) *Report to the British Assoc.*, 1845, p. 192.
(2) Richardson, *Brit. Assoc. Reports*, 1845, p. 190.

œufs peuvent être transportés par les oiseaux d'un rivage de l'isthme à l'autre (1).

Les poissons volants, — quelques vagabonds exceptés — ne se rencontrent qu'entre les tropiques ; en s'éloignant de l'équateur, ils ne vont pas plus loin que le 40e parallèle de latitude. Toutefois le cours du Gulf-Stream, et la chaleur de ses eaux, permettent à quelques poissons des tropiques d'étendre leurs habitations jusque dans la zone tempérée ; ainsi les chœtodontes, abondants dans les mers des climats brûlants, se montrent entre les Bermudes, sous le 32e parallèle, où on les conserve dans des bassins fermés à la mer, comme une ressource importante pour l'alimentation de la garnison et des habitants. D'autres poissons, suivant la direction du même grand courant marin, se distribuent depuis la côte du Brésil jusqu'aux bancs de Terre-Neuve (2).

On sait que certains poissons de passage accomplissent leurs migrations périodiques comme quelques tribus d'oiseaux. Au temps du frai, le saumon remonte les rivières jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres de leur embouchure, franchissant les cataractes qu'il rencontre dans sa course ; puis, ce moment passé, il rentre dans les profondeurs de l'océan. Le hareng et le merlus, après avoir fréquenté certains rivages, et avoir séjourné plusieurs années sur de vastes hauts-fonds, les abandonnent pour se rendre à d'autres stations, où ils sont suivis par les espèces auxquelles ils servent de proie. Les anguilles, dit-on, descendent dans la mer pour déposer leurs petits, que l'on voit ensuite retourner dans l'eau douce par myriades ; quoique d'une petitesse extrême, ils parviennent à surmonter tous les obstacles qu'ils rencontrent dans le cours d'une rivière, en appliquant et faisant glisser leurs corps visqueux sur la surface des rochers, ou sur les portes des écluses, qu'ils franchissent ainsi, lors même qu'elles sont à sec (3).

(1) *Gardener's Chronicle*, 23 févr. 1867, p. 181.
(2) Sir J. Richardson, *Brit. Assoc. Reports*, 1845, p. 190.
(3) *Phil. Trans.* 1747, p. 395.

Avant l'année 1800, il n'y avait pas d'anguilles dans le lac Wener, le plus grand des lacs de Suède, qui décharge ses eaux par les fameuses cataractes de Trollhœtan ; mais je tiens du professeur Nilsson que, depuis qu'on a ouvert le canal qui, au moyen d'un système de neuf écluses très-élevées, fait communiquer les eaux de la rivière Gotha avec celles du lac, on a vu dans ce dernier une multitude d'anguilles. Il paraît donc que, bien qu'elles n'aient pu remonter les chutes, elles se sont frayé une issue par les écluses, à l'aide desquelles une différence de niveau de 35 mètres se trouve effacée en très-peu de temps.

Gmelin dit que les Anatidés (oies, canards et autres oiseaux sauvages) vivent, pendant leurs migrations, de frai de poissons ; et que souvent, quand ils rendent ce frai, deux ou trois jours après l'avoir introduit dans leur estomac, les œufs se trouvent avoir conservé toute leur vitalité (1). On a, parfois, quelque peine à comprendre comment, lorsqu'il y a plusieurs lacs d'eau douce séparés à diverses hauteurs, dans une région montagneuse, et qu'ils sont éloignés les uns des autres, ils se trouvent pourvus de poissons provenant d'une source commune ; on a supposé que les œufs très-petits de ces animaux s'attachaient quelquefois aux plumes des oiseaux aquatiques, qui, lorsqu'ils vont à l'eau pour se baigner et se nettoyer, peuvent ainsi contribuer involontairement à propager des multitudes de poissons dont, plus tard, ils se nourrissent. Quelques scarabées aquatiques sont amphibies, comme les dytisques ; le soir, ils quittent leurs lacs et leurs étangs, et, prenant leur essor dans les airs, transportent les petits œufs de poissons dans des eaux situées à de grandes distances. C'est ainsi que quelques naturalistes expliquent la présence accidentelle du frai de poissons dans de petits étangs formés par l'eau du ciel.

(1) *Amœn. Acad. Essay*, 75.

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE ET MIGRATION DES TESTACÉS.

Les testacés forment une classe d'animaux qui, pour le géologue, sont du plus grand intérêt, leurs débris se retrouvant dans les strates de tous les âges, et étant, en général, mieux conservés que ceux de tous les autres êtres organisés.

Quelques formes sont exclusivement limitées à des latitudes chaudes, d'autres à des latitudes froides. Les courants marins qui coulent constamment suivant certaines directions, et l'afflux, en certains points, de grandes masses d'eau douce, limitent l'extension de plusieurs espèces. Celles qui aiment les eaux profondes sont arrêtées par les hauts-fonds, tandis que celles, au contraire, qui se plaisent dans les mers basses ne peuvent voyager à travers des abîmes insondables. La nature du sol a aussi une grande influence sur la faune testacée, soit terrestre, soit aquatique Certaines espèces préfèrent un fond de mer sableux, d'autres l'aiment graveleux, et quelques-unes formé par une couche de limon. Pour la faune terrestre, le calcaire est de toutes les roches celle qui est le plus favorable à la multiplication et à la propagation des genres Helix, Clausilia, Bulimus et autres. Le professeur E. Forbes a montré, comme résultat de ses travaux de draguage dans la mer Egée, qu'il y avait huit régions de profondeurs parfaitement marquées, et que chacune d'elles était caractérisée par une faune testacée toute particulière. La première, appelée zone littorale, ne dépasse pas deux brasses de profondeur ; mais, quoique restreinte, elle est habitée par plus de 100 espèces. La seconde région, dont la limite inférieure est de dix brasses de fond, est presque aussi peuplée que la première. Puis, l'auteur donne une longue liste des espèces caractéristiques de chacune de ces régions jusqu'à la septième, qui est comprise entre 80 et 105 brasses de profondeur ; tout l'espace au-dessous forme la huitième province, d'où l'on a recueilli jusqu'à 65 espèces de coquilles et de mollusques. Dans cette zone la plus basse,

la majeure partie des coquilles sont blanches ou transparentes. Deux espèces seulement, sont communes à toutes les huit régions, ce sont *Arca lactea* et *Cerithium lima* (1).

Grande étendue de quelques provinces et de quelques espèces. — Les conchyliologistes distinguent, en Europe, la faune Arctique, dont la limite méridionale correspond à la ligne isotherme de 0° centigr. de la faune Celtique qui, à partir de cette ligne comme frontière septentrionale, s'étend vers le sud jusqu'à l'entrée de la Manche et au cap Finistère, en France. De ce point commence la faune Lusitanienne qui, suivant les observations faites, en 1852, par Mr Mc Andrew, descend jusqu'aux îles Canaries. La province Méditerranéenne est distincte de toutes les provinces que nous venons d'énumérer, bien qu'elle ait des espèces communes à chacune d'elles.

La région Indo-Pacifique est de beaucoup la plus étendue ; elle s'étend depuis la mer Rouge et la côte orientale d'Afrique, jusqu'à l'archipel Indien et aux parties adjacentes de l'océan Pacifique. Elle fournit au géologue un fait d'un très-grand intérêt, en lui apprenant qu'un groupe d'espèces vivantes de mollusques peut prédominer sur une aire dont l'étendue surpasse les limites extrêmes que, jusqu'à ce jour, il ait été donné d'assigner à aucun assemblage d'espèces fossiles d'une même époque. M. Cuming a obtenu de la côte orientale d'Afrique plus de 100 espèces de coquilles, identiques avec celles qu'il avait recueillies aux Philippines et dans les îles orientales de coraux de l'océan Pacifique, c'est-à-dire à une distance de 19,200 kilomètres, égale, dit Darwin, à celle qui sépare les deux pôles.

Certaines espèces du genre *Ianthina* ont des limites extrêmement étendues, car elles sont communes aux mers situées tant au nord qu'au sud de l'équateur. Elles sont toutes pourvues d'un admirable appareil de flottage qui leur permet de

(1) *Report to the British Assoc.*, 1843, p. 130.

se mouvoir à la surface des eaux, et les met ainsi à même non-seulement de se répandre aussi généralement, mais de devenir, en outre, un agent très-puissant dans la dissémination d'autres espèces. Le capitaine King a pris vivant, un peu au nord de l'équateur, un spécimen de *Ianthina fragilis*, couvert d'un tel nombre d'anatifes (*Pentelasmis*) et d'une si grande quantité de leurs œufs, que la partie supérieure de sa coquille se trouvait entièrement cachée.

L'*Helix putris* (*Succinea putris*, Lamb.), si répandue en Europe, se trouve aussi en Sibérie, et même, dit-on, à Terre-Neuve, et dans plusieurs autres parties de l'Amérique du Nord ; le capitaine Hutton l'a rencontrée dans l'Afghanistan (1). Comme ce mollusque habite constamment les bords des étangs et des courants où il y a beaucoup d'humidité, il n'y aurait rien d'impossible à ce que des oiseaux aquatiques aient servi de moyen de transport à quelques-uns de ses petits œufs, qui auraient adhéré à leurs plumes. Le colimaçon d'eau douce, *Lymneus palustris*, si abondant dans les étangs d'Angleterre, est répandu, sans interruption, depuis l'Europe inclusivement jusqu'à Cachemire, où il s'étend jusqu'à la partie orientale de l'Asie. L'*Helix aspersa*, l'une des plus communes de nos grandes coquilles terrestres, se retrouve à Sainte-Hélène et dans plusieurs autres contrées éloignées. Comme c'est une espèce comestible, quelques conchyliologistes ont supposé qu'elle avait été importée accidentellement à Sainte-Hélène par quelque vaisseau.

Comme exemple de la faculté dont jouissent ces mollusques de se conserver vivants pendant de longs voyages, tout en étant privés d'air et de nourriture, je citerai quatre individus d'une grande espèce de coquille terrestre (*Bulimus*) qui furent apportés de Valparaiso en Angleterre par le Lieutenant Graves, qui accompagna le capitaine King dans son expédition au Dé-

(1) J. Gwyn Jeffrys, *British Conchology*, p. 132.

troit de Magellan. Ces animaux avaient été emballés dans une boite et enveloppés de coton : deux d'entre eux restèrent ainsi enfermés pendant treize mois, un autre pendant dix-sept mois et le quatrième pendant plus de vingt mois ; mais lorsqu'à Londres ils eurent été exposés par M. Broderip à la chaleur d'un foyer, et qu'il les eut pourvus de feuilles et d'eau tiède, je les vis se ranimer et dévorer avidement les feuilles de laitue.

Il n'est peut-être pas d'espèce qui mérite mieux le titre de cosmopolite que l'une de nos bivalves Britanniques, connue sous le nom de *Saxicava rugosa*. Elle est répandue dans toutes les mers du pôle nord, et s'étend, dans une direction, à travers l'Europe jusqu'au Sénégal, occupant les deux côtés de l'Atlantique, et dans une autre, gagne la mer Pacifique du nord, et de là l'océan Indien. Elle ne cesse ses migrations que lorsqu'elle a atteint les mers Australiennes.

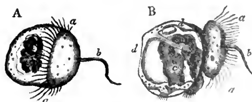
Un brachiopode d'Angleterre, appelé *Terebratula caput serpentis*, est commun, suivant le professeur E. Forbes, aux deux côtés de l'Atlantique du nord et à l'Afrique méridionale, ainsi qu'aux mers de la Chine.

Mode de dispersion des testacés. — Malgré la lenteur devenue proverbiale que montrent, en général, dans leurs mouvements les limaces et les mollusques, et quoique plusieurs espèces aquatiques adhèrent constamment au même rocher pendant leur vie entière, les testacés ne sont pourtant pas dépourvus des moyens nécessaires pour se disséminer rapidement sur de vastes espaces. « Quelques mollusques », dit le professeur E. Forbes, « voyagent dans leur état de larve, car ils subissent tous une métamorphose, soit dans l'intérieur de l'œuf, soit en dehors. Les Gastéropodes commencent à vivre sous la forme d'une petite coquille en spirale, et d'un animal muni, comme le ptéropode, d'ailes ciliées ou lobes, à l'aide desquelles il peut nager librement et voyager ainsi avec facilité à travers les mers (1). »

(1) Edin. *New. Phil. Journ.*, avril 1844.

Nous sommes habitués à avoir dans notre esprit l'idée que la faculté locomotrice la plus puissante correspond à l'état le plus avancé et le plus parfait dans chaque espèce d'animaux invertébrés, surtout lorsqu'ils sont soumis à une série de métamorphoses ; mais pour tous les mollusques, c'est le contraire qui est vrai. Le petit de la bucarde (*Cardium*), par exemple, possède, quand il est jeune ou à l'état de larve, un appareil qui lui permet à la fois de nager et de se laisser transporter aisément par un courant marin. (Voir fig. 135.)

Fig. 135.



Jeune frai d'une Bucarde (*Cardium pygmæum*), **d'après Loven's Kongl *Vetenskaps Akadem. Handling*, 1838.**

A. — Jeune qui vient d'éclore, grossi 100 fois en diamètre.
B. — Le même plus avancé.
a. — Organe cilié de locomotion avec ses appendices filamenteux *b*.
c. — Intestins rudimentaires.
d. — Coquille rudimentaire.

Ces petits corps, ici représentés, qui ressemblent beaucoup au frai des coquilles univalves ou gastéropodes,. ci-dessus mentionnées, sont si microscopiques qu'il est difficilo tout d'abord de les apercevoir à l'œil nu. Du moment où ils viennent d'éclore, ils commencent à se mouvoir,. à l'aide de longs cils, *a*, *a*, placés sur les bords du disque ou velum locomoteur. Ce disque se retire à mesure que l'animal grandit, et disparait graduellement, de manière à ne plus laisser de trace visible dans la coquille parfaite.

Quelques espèces de mollusques coquilliers déposent leurs œufs dans un nid semblable à une éponge, où les petits restent enveloppés pendant quelque temps après leur naissance ; et cette masse flottante navigue aussi loin et avec autant de

vitesse que les plantes marines. Il arrive aussi que les jeunes d'autres tribus vivipares sont souvent transportés par les algues. Quelquefois, ils sont si légers, que, comme des grains de sable, ils peuvent être facilement mis en mouvement par les courants. On trouve parfois très-avant dans la mer, des balanes et des serpules adhérant à des noix de coco flottantes, et même à des fragments de ponce. Il est même probable que la ponce, vu sa texture poreuse et semblable à celle de l'éponge; est un véhicule plus propre qu'on ne l'a cru jusqu'à présent à transporter dans des régions éloignées les œufs des mollusques et des insectes, ainsi que les graines de plantes. M. Bates a vu, dans la rivière des Amazones, des morceaux de cette substance flotter à 1,920 kilomètres de leur provenance, c'est-à-dire des volcans les plus rapprochés des Andes. Il a également observé, à 1,440 kilomètres en aval du fleuve, d'autres fragments qui, pendant la saison des pluies, flottent avec une vitesse de 4,800 à 8,000 mètres à l'heure (1). Ils doivent souvent atteindre la mer et être transportés par les courants à des centaines de kilomètres de leur point de départ.

D'un autre côté, dans les rivières et dans les lacs, les univalves aquatiques fixent leurs œufs sur des feuilles ou de petites branches qui, tombées dans l'eau, sont exposées, pendant les inondations, à être entraînées des cours d'eau tributaires aux courants principaux, et de là dans tous les autres points du même bassin. Quelques espèces peuvent ainsi se transporter, pendant une certaine saison, de l'extrémité supérieure du Mississipi, ou de tout autre grand fleuve, dans des contrées situées sur le bord de la mer, à plusieurs milliers de kilomètres de distance. La figure 136 offre un exemple du mode d'adhérence de ces œufs.

Un homard (*Astacus marinus*) vivant, couvert de moules vivantes (*Mytilus edulis*), a été pris dernièrement (2), et un

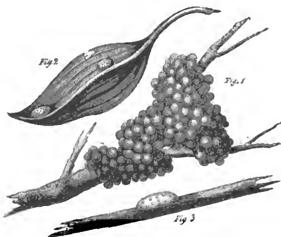
(1) *Naturalist of the Amazons*, vol. II, p. 170.

(2) L'échantillon est conservé dans le Muséum de la société zoologique de Londres.

grand crabe femelle (*Cancer pagurus*), couvert d'huîtres, ainsi que d'*Anomia ephippium* et d'Actinies, fut pris également, en avril 1832, à la hauteur de la côte d'Angleterre. Parmi les huîtres, au nombre de sept, on observa des individus dont le degré de croissance indiquait six ans d'âge; et les deux plus grands avaient un décimètre de long sur 9 centimètres de large (1).

Cet exemple nous fait voir comment les huîtres peuvent se répandre dans toutes les parties de la mer où se trouvent

Fig. 136.



Œufs de Mollusques d'eau douce.

Fig. 1. Œufs d'*Ampullaria ovata* (espèce fluviatile), adhérant à une petite branche qui était tombée dans l'eau.

Fig. 2. Œufs de *Planorbis albus*, fixés sur une feuille morte qui se trouvait sous l'eau.

Fig. 3. Œufs de la Limnée commune (*L. vulgaris*), adhérant à une branche morte qui était dans l'eau.

des crabes; et l'on conçoit que si elles finissent par être portées en un point où il n'y ait que du limon fin, il se forme,

(1) M. Broderip a observé que ce crabe, dont les apparences annonçaient un parfait état de santé, ne pouvait avoir changé de test pendant six ans, tandis que certains naturalistes ont prétendu que les individus de cette espèce renouvellent leur test annuellement, sans limiter les périodes de ce phénomène aux premières années du développement de l'animal.

après la mort du crabe, un nouveau banc d'huitres. Dans le cas que nous venons de citer, les huîtres survécurent quelques jours au crabe, et ne périrent que pour avoir été trop longtemps exposées à l'air.

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE ET MIGRATION DES INSECTES.

Les provinces entomologiques coïncident exactement avec celles des animaux supérieurs dont nous avons déjà donné la description. Peu d'espèces ont une distribution très-étendue, mais cette règle offre des exceptions, parmi lesquelles je citerai notre belle-dame (*Vanessa cardui*), qui se retrouve au cap de Bonne-Espérance, à la Nouvelle-Hollande et au Japon, ne montrant de différence que dans une de ses bandes (1). Elle est du petit nombre des insectes qui sont répandus sur tout le globe; on la trouve en Europe, en Asie, en Afrique et en Amérique, et la grande étendue de ses limites présente d'autant plus d'intérêt qu'elle semble expliquée par l'instinct de migration dont elle donne quelquefois des preuves, et sans doute aussi par la faculté, commune à quelques espèces, de supporter une grande variation de température.

Un nombreux essaim de ces insectes, formant une colonne de 3 mètres à 4m50 environ de largeur, a été observé, il y a quelques années, dans le canton de Vaud; ils traversèrent le pays du nord au sud avec une grande rapidité, volant tous en ligne serrée, dans un ordre régulier, et ne déviant jamais de leur course à l'approche d'autres objets. Le professeur Bonelli, de Turin, en observa dans le Piémont, au mois de mars de la même année, un autre essaim qui se dirigeait aussi du nord au sud, et en nombre tellement considérable qu'à la nuit les fleurs en étaient littéralement couvertes. Ils avaient été suivis depuis Coni, Raconi, Suse, etc. M. Louch

(1) Kirby et Spence, vol. IV, p. 487; et plusieurs autres auteurs.

fait mention, dans les Mémoires de l'Académie de Turin, d'un essaim semblable qui fut observé à la fin du siècle dernier. Le fait est d'autant plus digne de remarque que les chenilles de ce papillon ne se réunissent pas en troupes, mais restent solitaires du moment où elles sont écloses; l'instinct de sociabilité demeure assoupi chez ces insectes pendant plusieurs générations; puis il se développe tout à coup avec la plus grande énergie lorsque leur nombre vient à être trop considérable.

L'abeille d'Europe (*Apis mellifica*), quoique n'étant pas originaire du Nouveau-Monde, se trouve aujourd'hui naturalisée dans les deux Amériques. Elle fut introduite aux États-Unis par les premiers colons, et a, depuis, envahi les vastes forêts de l'intérieur, construisant ses ruches dans de vieux troncs d'arbres. « Les Indiens, dit Irving, les considèrent comme les précurseurs de la race blanche, de même qu'ils regardent les buffles comme les avant-coureurs de la race rouge, et prétendent qu'à mesure que l'abeille va en avant, l'Indien et le buffle s'éloignent. » « On assure, continue le même auteur, que l'abeille sauvage se rencontre rarement à une grande distance de la frontière, et qu'elle a toujours été l'avant-coureur de la civilisation, la précédant à mesure que celle-ci se propageait en venant des bords de l'Atlantique. Quelques-uns des anciens colons de l'Ouest prétendent même pouvoir assigner l'année précise où la mouche à miel traversa le Mississipi pour la première fois (1). » La même espèce se trouve actuellement naturalisée dans la terre de Van-Diémen et dans la Nouvelle-Zélande.

Comme presque tous les insectes sont ailés, ils peuvent promptement se répandre partout où leur course n'est point entravée par des climats contraires, des mers, des montagnes ou d'autres obstacles physiques; encore parviennent-ils quelque-

(1) Washington Irving's, *Tour in the Prairies*, chap. IX.

fois à surmonter ces barrières, en s'abandonnant à des vents violents qui, ainsi que je l'établirai plus tard en parlant de la dissémination des graines (p. 495), ont le pouvoir de les transporter, en quelques heures, à des distances considérables. Humboldt a observé sur les Andes, à des hauteurs de 5,846 mètres au-dessus de la mer, des sphinx et des mouches qui lui parurent avoir été entraînés involontairement dans ces régions par des courants d'air ascendants (1).

Des inondations de rivières, pourvu qu'elles n'aient pas lieu au fort de l'hiver, entraînent toujours, dit Kirby, un grand nombre d'insectes flottant sur de petits brins de bois, sur de mauvaises herbes, etc.; de sorte que, lorsque les eaux viennent à s'abaisser, l'entomologiste est toujours assuré de faire une abondante récolte. De plus, dans la dispersion de ces petits êtres comme dans celle des plantes, les grands animaux jouent leur rôle; il arrive sans cesse que des insectes sont transportés d'une région dans une autre, attachés aux poils des quadrupèdes ou aux plumes des oiseaux; en outre, les œufs de quelques espèces étant, comme les graines, capables de résister à l'action de la digestion, peuvent être rejetés intacts dans le fumier, après avoir été introduits avec l'herbe des pâturages dans l'estomac de certains animaux.

White fait mention d'une pluie très-remarquable d'aphis qui paraissaient avoir été amenés, par un vent d'est, des grandes houblonnières des comtés de Kent et de Sussex, et qui couvrirent les arbustes et les végétaux sur lesquels ils s'abattirent à Selborne, au point de les faire paraître complétement noirs; ils formaient aussi de grands nuages s'étendant sur toute la vallée, depuis Farnham jusqu'à Alton. Ces pucerons sont quelquefois accompagnés d'une multitude de bêtes à Dieu communes (*Coccinella septempunctata*), qui s'en nourrissent (2).

(1) *Description des Régions équatoriales.* Malte-Brun, vol. V, p. 379.
(2) Kirby et Spence, vol. II, p. 9. 1817.

Il est à remarquer, dit Kirby, que plusieurs des insectes qui émigrent accidentellement, comme les Libellules, les Coccinelles, les Carabis et les Cicadelles, ne vivent pas ordinairement en société, mais semblent, comme les hirondelles, ne se réunir que pour voyager (1). Nous avons donc ici l'exemple d'un instinct qui ne se développe que dans certaines circonstances rares, et par suite duquel les espèces qui d'ordinaire ne vivent point en société, se réunissent par troupes, et s'aventurent même quelquefois jusqu'à traverser l'Océan.

On sait que des nuées de sauterelles (*Gryllus migratorius*) obscurcissent l'air en Afrique et traversent l'Europe depuis la Turquie jusqu'aux comtés méridionaux de l'Angleterre; nous reparlerons de leur vaste distribution géographique au chapitre XLII. Quand les vents d'ouest soufflent sur les Pampas, ils emportent avec eux des myriades d'insectes de diverses sortes. Le fait suivant, qui vient à l'appui de cette assertion, fait voir comment les espèces peuvent ainsi se répandre. En 1819, une frégate, la *Créole*, étant en panne dans les rades extérieures de Buenos-Ayres, à 9,600 mètres de terre, eut ses ponts et ses agrès couverts tout d'un coup de milliers de mouches et de grains de sable. Les côtés du bâtiment venaient précisément de recevoir une couche fraîche de peinture, à laquelle les insectes adhéraient en si grand nombre, que l'extérieur du vaisseau en était marqueté et défiguré, au point qu'on fut obligé de rétablir en partie la peinture (2). Dans la Méditerranée, feu l'Amiral Smyth se trouva également forcé, par suite de la même cause, de faire repeindre son vaisseau *l'Aventure*. Il se rendait de Malte à Tripoli, lorsqu'un vent sud venant à souffler de la côte d'Afrique dont il était alors éloigné de 160 kilomètres, envoya une telle quantité de mouches sur la peinture fraîche, qu'il n'y resta pas la moindre place qui ne fût entièrement couverte par ces insectes.

(2) Kirby et Spence, vol. II, p. 9, 1817.

(1) C'est au lieutenant Graves, de la marine royale, que je suis redevable de ce renseignement.

Observation de phalènes volant à 480 kilomètres loin des côtes. — Le capitaine Henry Toynbee cite des exemples frappants de points fort éloignés de la terre où l'on a vu parfois voler de grands lépidoptères; c'est ainsi qu'il observa une femelle du grand *Sphinx Convolvuli* volant au-dessus de son vaisseau, le *Hotspur*, de la Compagnie des Grandes-Indes, par 12° 09' de latitude nord et 21° 17' de longitude ouest. Il se trouvait alors à 480 kilomètres de la côte la plus voisine d'Afrique et à 336 kilomètres environ du Cap des Iles Vertes, d'où l'on supposa que venait ce papillon, les vents qui soufflaient alors étant ceux du nord-ouest. Deux individus de l'espèce vulgairement connue sous le nom de Tête-de-Mort (*Acherontia atropos*) voltigèrent aussi au-dessus du pont de l'*Hotspur*, à la suite d'un fort vent d'est, lorsque ce vaisseau, au retour du même voyage, naviguait par 40° 29' de latitude nord et 15° de longitude ouest, c'est-à-dire à 420 kilomètres de la terre la plus rapprochée, qui était la côte de Portugal. Ils avaient déjà traversé plus des deux tiers de la distance qui sépare l'Europe de Madère, et ce fait fournit un bon exemple de la manière dont les îles situées en pleine mer peuvent se peupler d'insectes, provenant des continents les plus rapprochés (1).

Au sud de la rivière de la Plata, à la hauteur du Cap San-Antonio, de grandes libellules vinrent s'abattre, à 80 kilomètres de terre, sur la frégate *l'Aventure*, pendant la dernière expédition du capitaine King au détroit de Magellan. Si le vent vient à tomber pendant que ces insectes traversent ainsi la mer, la submersion des espèces les plus délicates n'en résulte pas nécessairement, car plusieurs d'entre elles peuvent se poser sur l'eau sans s'y enfoncer. On a vu des Tipules au corps svelte et aux pattes fines et allongées, se soutenant sur la surface de la mer, quand elles étaient chassées loin des côtes,

(1) M. Flower a montré ces deux insectes dans une réunion de la Société Zoologique, qui eut lieu le 22 mai 1866.

mais s'envolant dès qu'on les approchait (1). Il arrive quelquefois que des coléoptères exotiques, jetés à moitié morts sur nos rivages, parviennent à se ranimer après un long séjour dans l'eau salée; et ce n'est pas sans probabilité que l'apparition périodique, dans nos parages, de certains papillons remarquables qui reviennent, après avoir disparu pendant cinq ans, ou même pendant cinquante ans, a été attribuée à l'action des vents.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE.

C'est à peine si 1,400 espèces de plantes ont été connues et décrites par les Grecs, les Romains et les Arabes. Aujourd'hui, l'Angleterre seule compte plus de 3,000 espèces qui y croissent naturellement (2). Dans d'autres parties du monde, on a recueilli déjà plus de 100,000 espèces déterminées, dont on conserve les spécimens dans les herbiers des Muséums d'Europe. Il n'est donc point à supposer que les anciens aient eu aucune notion exacte sur ce que nous appelons la géographie des plantes, quoiqu'il ne soit guère probable que l'influence du climat sur le caractère des végétaux ait échappé à leur observation.

Avant toutes recherches à ce sujet, rien ne portait à croire que les productions végétales, croissant naturellement dans l'hémisphère oriental, fussent différentes, à parité de latitude, de celles de l'hémisphère occidental; ni que les plantes du Cap de Bonne-Espérance différassent de celles du midi de l'Europe, le climat de ces deux situations étant à peu près semblable. La supposition contraire eût semblé plus probable, et l'on pouvait s'attendre à trouver une identité presque parfaite entre les plantes qui, à des hauteurs égales au-dessus du

(1) Je relate ce fait sur l'autorité de mon ami, feu M. John Curtis, entomologiste fort distingué.

(2) *Barton's Lectures on the Geography of Plants*, p. 2. 1827.

niveau de la mer, habitent des parallèles correspondants de latitude. On fut donc surpris de découvrir que chaque région du globe, appartenant soit à la terre ferme, soit aux eaux, était occupée par des groupes d'espèces distinctes, végétales ou animales, et que la plupart des exceptions à cette règle générale pouvaient être rapportées à des causes disséminantes actuellement en action. Or, une telle découverte est éminemment propre à nous faire accepter avec faveur toute hypothèse relative à l'apparition première des espèces, qui se trouvera en rapport avec de pareils phénomènes.

Régions botaniques. — Humboldt fut un des premiers à émettre des idées philosophiques sur la distinction des productions végétales qu'on observe dans les différentes régions du globe. Chaque hémisphère, dit-il, est habité par des plantes de différentes espèces; et ce n'est pas par la diversité des climats que l'on peut essayer d'expliquer pourquoi l'Afrique équinoxiale ne possède point de laurinées, et le Nouveau-Monde de bruyères (1); pourquoi les calcéolaires ne se rencontrent que dans l'hémisphère sud.

« On conçoit, ajoute-t-il, qu'un petit nombre de familles de plantes, telles que les Musacées et les Palmiers, ne puissent vivre dans des régions très-froides, à cause de leur structure intérieure et de l'importance de certains de leurs organes; mais on ne peut expliquer pourquoi il n'y a pas une seule plante de la famille des Mélastomées (famille alliée aux Myrtes), qui végète au nord du 3e degré de latitude, ou pourquoi aucun rosier n'est originaire de l'hémisphère sud. Les deux continents offrent souvent analogie de climats sans qu'il y ait entre eux identité de productions (2).

Dans son essai remarquable sur la *Géographie Botanique* (1820), Auguste de Candolle nous offre les résultats de

(1) Depuis l'apparition des écrits de Humboldt, on a trouvé la bruyère commune (*Erica vulgaris*) à l'état sauvage, sur un point situé dans le Massachusetts, au nord de Boston ; mais c'est là une exception.

(2) *Pers. Nar.*, vol. V. p. 180.

ses propres recherches, de celles de Humboldt, de Brown et de plusieurs autres botanistes célèbres, présentées de telle sorte que les phénomènes principaux de la distribution des plantes s'y montrent liés aux causes auxquelles ils peuvent être principalement attribués (1). « Il ne serait peut-être pas difficile, observe cet auteur, de trouver deux points dans les États-Unis et l'Europe, ou dans l'Amérique et l'Afrique équinoxiale, qui présentent toutes les mêmes circonstances, savoir : une même température, une même hauteur au-dessus de la mer, un même sol, une dose égale d'humidité; cependant presque tous, *peut-être tous* les végétaux, seraient différents dans ces deux localités semblables. On pourrait bien trouver, sans doute, une certaine analogie d'aspect et même de structure entre les plantes des deux localités en question; mais les *espèces* seraient en général différentes. Il semble donc que des circonstances autres que celles qui déterminent aujourd'hui les *stations* ont influé sur les *habitations* des plantes. »

Comme j'aurai souvent occasion de parler des *stations* et des *habitations* des plantes, en attachant à ces termes le sens technique qui leur a été donné dans la citation précédente, je crois devoir rappeler au lecteur que le mot *station* exprime la nature particulière de la localité où chaque espèce a coutume de croître, et se rapporte au climat, au sol, au degré d'humidité, de lumière, à l'élévation au-dessus du niveau de la mer et à d'autres circonstances analogues; tandis que le mot *habitation* indique d'une manière générale la contrée où une plante pousse naturellement. Ainsi, la *station* d'une plante peut être un marais salé, le penchant d'une colline, le lit de la mer ou un étang stagnant. Son *habitation* peut être l'Europe, l'Amérique septentrionale ou la Nouvelle-Hollande, entre les tropiques. L'étude des *stations* a été appelée la topographie, et celle des *habitations*, la géographie de la botanique.

(1) *Essai élémentaire de Géographie Botanique*, extrait du XVIIIe vol. du *Dict. des Sc. Nat.*, 1820.

Les termes ainsi définis expriment chacun une classe distincte d'idées qui ont été souvent confondues, et qui sont également applicables en zoologie.

Dans une explication du principe que nous venons d'exposer, savoir : qu'une différence de longitude, indépendamment de toute influence de température, donne lieu à une diversité très-grande et même complète quelquefois, dans les espèces de plantes, de Candolle fait observer que, sur 2,891 espèces de plantes phanégorames décrites par Pursh, comme étant connues, en 1820, aux États-Unis, il n'y en a que 385 que l'on retrouve dans l'Europe septentrionale ou tempérée.

En comparant la Nouvelle-Hollande avec l'Europe, on trouve, d'après M. Brown, que sur 4,100 espèces, découvertes alors en Australie, il n'y en a que 166 qui lui soient communes avec l'Europe ; et encore, sur ce petit nombre, il en est plusieurs que l'on peut supposer avoir été transportées par l'homme. Sur ces 166 espèces, presque toutes sont cryptogames, et celles qui ne le sont pas consistent, à peu près dans tous les cas, en plantes phanérogames qui habitent aussi les régions intermédiaires.

Mais ce qui est encore plus remarquable, c'est que, dans les parties de l'Ancien-Monde les plus éloignées les unes des autres, la diversité qu'on observe dans les espèces est presque aussi frappante, malgré l'étendue de terre non interrompue que présente ce continent. Ainsi, tel assemblage d'espèces se trouve en Chine, tel autre dans les contrées qui bordent la mer Noire et la mer Caspienne, un troisième dans celles qui bordent la Méditerranée, un quatrième dans les grands plateaux de la Sibérie et de la Tartarie, et ainsi de suite.

C'est dans les points où les continents sont séparés par une vaste étendue d'océan que, sous le même parallèle de latitude, les divers groupes de plantes indigènes offrent, comme les animaux, ainsi que nous l'avons déjà mentionné, la différence la plus grande. Dans l'hémisphère nord, près du pôle, c'est-

à-dire vers le point où les extrémités de l'Europe, de l'Asie et de l'Amérique se rapprochent les unes des autres, on trouve un nombre considérable de plantes dont les espèces sont communes aux trois continents. Mais on a remarqué que ces plantes, si largement répandues dans les régions arctiques, se retrouvent aussi dans la chaîne des Aléoutiennes, qui, s'étendant sur presque tout l'espace qui sépare l'Amérique de l'Asie, peut avoir servi de voie de communication pour le mélange partiel des flores des régions adjacentes. De Candolle a énuméré vingt grandes provinces botaniques, habitées par des plantes indigènes et aborigènes; et son fils Alphonse, botaniste distingué de nos jours, a fait une nouvelle subdivision en vingt-sept provinces, séparées par des lignes de démarcation qui sont loin d'être mal déterminées (1).

Il y a donc non-seulement un assez grand nombre d'espèces qui sont communes à deux ou plusieurs de ces provinces, mais souvent des formes représentant ces espèces qui seraient classées par quelques naturalistes au rang de pures variétés géographiques. Les six divisions ornithologiques du globe auxquelles nous avons fait allusion (p. 426), dont quatre dans l'Ancien-Monde, et deux dans le Nouveau, peuvent très-bien s'appliquer à l'ensemble des plantes, si l'on veut considérer d'une manière plus large et plus étendue les traits principaux de leur distribution géographique, en ce qui concerne surtout les genres et les familles.

Cela est particulièrement vrai pour les régions Néoarctique et Néotropicale, qui renferment chacune un assemblage distinct de formes végétales particulières. Celles du plateau du Brésil, situées à une hauteur de 600 à 1,200 mètres ont été décrites, après une exploration du district, par sir Charles Bunbury qui les a rapportées, pour la plus grande partie, à des types génériques qui ne sont à peu près connus que des botanistes; car ces plantes n'ont jamais été cultivées en

1 Alph. de Candolle. *Monogr. des Campanulées*. Paris, 1830.

Europe. Mais, quand on descend des contrées hautes du Brésil vers le sud, c'est-à-dire vers les plaines herbacées de l'Uruguay et de la Plata, on trouve des plantes qui appartiennent encore aux types dominants de l'Amérique du Sud, bien qu'elles soient représentées par des espèces différentes et locales. Une telle affinité entre les formes spécifiques propres aux stations les plus hautes et aux stations les plus basses, concorde parfaitement avec l'idée que certains types originels ont été graduellement adaptés, par le moyen de la variation et de la sélection naturelle, à toutes les conditions diversifiées de la surface terrestre.

Les Pampas et les rives de la Plata sont aussi remarquables par la façon extraordinaire dont quelques plantes étrangères d'Europe, particulièrement les chardons et les trèfles, ont pris le dessus sur la végétation indigène (1). Ces espèces intruses, après avoir été quelquefois introduites involontairement par l'homme, se sont naturalisées dans la région, où elles sont devenues plus puissantes qu'aucun des produits natifs du sol. Elles fournissent un exemple à l'appui du principe déjà posé, que, dans chaque grande région, les êtres organiques que l'homme trouve en possession de vastes étendues ne sont pas, parmi toutes les espèces contemporaines, celles qui sont le plus propres à y vivre, à l'exclusion de toutes les autres. Elles semblent n'être que les descendants modifiés d'une faune et d'une flore plus anciennes qui auraient préexisté sous une phase un peu différente de la géographie physique du globe, à moins qu'elles ne soient les produits de colons transportés dans ces terres par des moyens naturels. Mais les mêmes organismes sont incapables de se maintenir dans la lutte pour l'existence, s'ils sont mis en compétition avec des espèces provenant de régions éloignées, et avec lesquelles, sans le secours de l'homme, ils ne se seraient jamais trouvés en contact.

(1) Sir C. Bunbury, *Characters of S. American Vegetation*, Fraser's Magazine, juillet 1867.

Plantes marines. — La végétation marine peut être divisée, comme la végétation terrestre, en provinces distinctes, respectivement habitées par des espèces différentes ; mais ces provinces marines sont moins nombreuses, parce que la température de l'océan est plus uniforme que celle de l'atmosphère, et que, l'étendue de la terre ferme étant en proportion moindre que celle de l'eau, les plantes de la mer ne sont pas aussi souvent arrêtées, dans leur migration, par des barrières continentales, que les espèces terrestres le sont par l'océan. Il est vraiment remarquable que le docteur Hooker soit parvenu à identifier non moins que la cinquième partie des Algues antarctiques, à l'exclusion des groupes de la Nouvelle-Zélande et de la Tasmanie, avec les espèces Britanniques du même genre, quoique la proportion des espèces cosmopolites soit pourtant moindre parmi les algues que chez les cryptogames cellulaires terrestres, tels que les lichens, les mousses et les hépatiques.

Dispersion des plantes. — Le fait auquel nous venons de faire allusion, relativement au caractère d'ubiquité des plantes cryptogames, mérite une attention toute particulière. Linné a observé que les germes des plantes de cette classe, tels que les mousses, les champignons et les lichens, consistent en une poudre impalpable dont les particules sont à peine visibles à l'œil nu ; il était donc facile de s'expliquer leur dissémination à travers l'atmosphère, et leur transport sur chacun des points du globe où se trouve une station qui leur est favorable. Les lichens particulièrement croissent à de grandes hauteurs ; on en trouve quelquefois sur des rochers nus à 600 mètres au-dessus de la ligne des neiges perpétuelles, où la température moyenne descend presque au degré de la congélation de l'eau. Or, on conçoit que cette position élevée doive faciliter beaucoup la dispersion des particules flottantes d'où dépend leur fructification (1).

(1) Linn., *Voyage en Laponie*, vol. II, p. 282.

Quelques auteurs ont conclu de ce que les champignons viennent partout où certains sols sont mélangés de matière organique en décomposition, que la production de ces cryptogames est accidentelle, et non analogue à celle des plantes complètes. Mais Friès, dont l'autorité en pareille matière mérite la plus grande considération, a démontré la fausseté de cet argument en faveur de l'ancienne doctrine de la génération équivoque. « Les sporules des champignons » dit ce naturaliste, « sont si nombreuses que, dans un seul individu de *Reticularia maxima*, j'en ai compté plus de dix millions ; leur ténuité est telle qu'on les distingue à peine, et qu'on les prendrait souvent pour un nuage de fumée très-claire ; leur pesanteur est d'ailleurs si faible qu'il n'y aurait rien d'impossible à ce qu'elles s'évaporassent, en quelque sorte, dans l'atmosphère, et à ce qu'elles fussent dispersées soit par l'attraction du soleil, par les insectes, par le vent, soit par les causes dues à l'élasticité, à la cohésion, etc..., de tant de manières différentes, enfin, que l'on eût peine à concevoir un seul point où il ne s'en trouvât pas (1). »

La mousse appelée *Lycopodium cernuum* fournit un exemple frappant d'une plante cryptogame universellement répandue dans toutes les régions équinoxiales. Elle ne dépasse jamais le tropique du nord, excepté dans un seul cas, celui des Açores, où elle croît autour de sources thermales, bien qu'elle manque complétement dans les Canaries et à Madère. Il est à croire que les sporules microscopiques de ce cryptogame se trouvent partout, toujours prêtes à germer quand, dans le cours de l'année, elles jouissent d'une quantité convenable de chaleur, d'humidité et de lumière, ainsi que de plusieurs autres conditions essentielles au développement de l'espèce.

On a constaté que presque tous les lichens rapportés de l'hémisphère sud par l'expédition antarctique commandée par

(1) Friès, cité par Lindley, *Introd. to Nat. Syst. of Botany*.

sir James Ross, et dont les espèces s'élèvent au nombre de 200, habitent aussi l'hémisphère septentrional et se retrouvent à peu près sur le continent d'Europe.

Quand on compare le caractère cosmopolite de cette classe de plantes avec l'étendue relativement limitée de la plupart des espèces phanérogames, on ne peut manquer de s'apercevoir combien la distribution géographique de chacune d'elles est intimement liée avec sa faculté de dispersion. Mais, pour bien comprendre les rapports qui existent entre ces phénomènes, il faut d'abord admettre que chaque espèce a un lieu de naissance unique, et que de ce point originel, ou centre primitif de création, elle a rayonné dans toutes les directions pour se répandre aussi loin que possible.

Parmi les divers agents inorganiques que la Nature a chargés du soin de disperser les graines des plantes sur le globe, les principaux sont les mouvements de l'atmosphère et de l'océan, et le constant écoulement des eaux qui descendent des montagnes pour se rendre à la mer. Considérons d'abord les vents : — un grand nombre de graines sont pourvues d'appendices plumeux et duveteux, qui, lorsque les graines sont mûres, leur permettent de flotter dans l'air et d'être ainsi transportées à de grandes distances par la brise la plus légère. Dans d'autres plantes, la dissémination s'opère au moyen d'une aile, comme dans le sapin, de sorte que les graines sont enlevées par le vent à mesure qu'elles se détachent du cône, et emportées à de grandes distances. Parmi les plantes, comparativement peu nombreuses que connaissait Linné, on compte 138 genres à semences ailées.

Comme les vents dominent souvent pendant plusieurs jours, plusieurs semaines, ou même plusieurs mois de suite, dans la même direction, ces moyens de transport sont quelquefois illimités ; les graines les plus lourdes peuvent être transportées en très-peu de temps à des distances considérables pendant une tempête ordinaire ; car un vent assez fort pour entrainer des

grains de sable se meut souvent à raison de 64 kilomètres, ou même de 90 kilomètres à l'heure, si l'orage est très-violent (1). Les ouragans des régions tropicales, qui déracinent les arbres et renversent les maisons, se meuvent avec une rapidité de 144,838 mètres par heure ; de sorte que, pour si courte que soit leur durée, ils peuvent transporter les graines et les fruits les plus lourds même au-delà de détroits et de mers d'une largeur considérable ; il n'est pas douteux qu'ils ne servent souvent à introduire ainsi dans les îles la végétation des continents voisins. Les tourbillons aussi transportent quelquefois des substances végétales très-pesantes à de grandes distances. Souvent, l'été, ce phénomène s'opère dans nos champs sur une petite échelle : de faibles tourbillons enlèvent des veillottes ou petits tas de foin, qui retombent ensuite en se dispersant çà et là par parcelles ; mais ils sont parfois d'une puissance telle qu'ils dessèchent des lacs et des étangs, et brisent de grosses branches d'arbres qu'ils entraînent dans l'air en leur imprimant leur mouvement de rotation.

Le Dr Franklin nous raconte, dans une de ses lettres, qu'il vit un jour, dans le Maryland, un tourbillon qui commença par enlever la poussière de la route, sous la forme d'un pain de sucre renversé ; en peu de temps ce cône atteignit une hauteur de 12 ou 15 mètres, et un diamètre de 6 à 9 mètres. Il s'avançait dans une direction contraire à celle du vent ; et quoique le mouvement de rotation de la colonne fût extraordinairement rapide, sa marche était assez lente pour qu'un homme à pied pût suivre le météore. Franklin, accompagné de son fils, le suivit à cheval sur un espace de 1,200 mètres, et le vit pénétrer dans un bois, où il tordit de grands arbres, qu'il fit tournoyer avec une force vraiment étonnante. Ceux-ci étaient entraînés en spirale, et on les voyait voler dans l'air avec de grosses branches et une multitude de feuilles, qui,

(1) *Annuaire du Bureau des Longitudes.*

d'une certaine hauteur, ne paraissent pas plus grosses que des mouches. Comme cette cause agit de temps à autre sur une grande portion de la surface du globe, on voit qu'elle peut servir à transporter non-seulement des plantes, mais aussi des insectes, des testacés terrestres et leurs œufs, ainsi que plusieurs autres espèces d'animaux, en des points où ils ne seraient jamais parvenus autrement, et d'où il leur est possible de recommencer à se propager comme d'un centre nouveau.

Action des rivières et des courants. — En commençant à examiner le rôle que jouent les causes aqueuses dans le phénomène de la dispersion, je ne puis mieux faire que de citer les paroles d'un de nos plus savants botanistes. « Le courant ou torrent qui sort d'une montagne », observe Keith, « transporte jusqu'à la vallée les graines qui tombent accidentellement dans ses eaux, ou celles qu'il entraine de ses bords lorsqu'il vient à les inonder subitement. La large et majestueuse rivière, qui serpente au milieu d'une vaste plaine, et traverse d'immenses continents, emporte à la distance de plusieurs centaines de kilomètres, les graines des plantes qui peuvent avoir végété à sa source. C'est ainsi qu'on retrouve, sur les rivages méridionaux de la Baltique, des semences qui proviennent de l'intérieur de l'Allemagne, et sur les côtes occidentales de l'Atlantique, des graines originaires de l'intérieur de l'Amérique (1). » Nous citerons aussi des fruits indigènes de l'Amérique et des Antilles, tels que celui du *Mimosa scandens*, la noix d'acajou et plusieurs autres, qui ont traversé l'Atlantique, poussés par le Gulf-Stream sur les côtes occidentales de l'Europe, où ils sont arrivés en si bon état de conservation, qu'ils auraient pu végéter, si le climat et le sol l'eussent permis. On cite surtout la *Guilandina Bonduc*, plante légumineuse, comme provenant d'une graine trouvée sur la côte occidentale de l'Irlande (2).

(1) *System of Physiological Botany*, vol. II, p. 405.
(2) Brown, *Append. to Tuckey*, n° v, p. 481.

Sir Hans Sloane a constaté que plusieurs sortes de graines jetées sur le rivage des Orcades et de l'Irlande, mais dont aucune ne paraît s'être naturalisée dans ces régions, proviennent d'arbres qui croissent aux Antilles et surtout à la Jamaïque. Il suppose que ces graines ont pu être amenées par des rivières dans la mer, puis transportées par le Gulf-Stream à de plus grandes distances.

L'absence de tout liquide dans la composition des graines les rend, en quelque sorte, insensibles à la chaleur et au froid, de manière qu'elles peuvent être transportées sans inconvénient dans des climats où les plantes qui les ont produites périraient sur-le-champ. Comme preuve de la faculté dont elles jouissent au plus haut point de résister aux effets de la chaleur, Spallanzani mentionne quelques graines qui ont germé après avoir été soumises à l'ébullition de l'eau (1). Sir John Herschel m'a dit avoir semé au cap de Bonne-Espérance des graines d'*Acacia lophanta*, qui avaient séjourné pendant douze heures dans de l'eau, à la température de 60° centigrades ; elles germèrent, m'a-sura-t-il, beaucoup plus vite que d'autres qui n'avaient pas été soumises à l'action de la même température. Je tiens du même observateur qu'un botaniste éminent, le baron Ludwig, ne put réussir à faire germer, au Cap, les graines d'une espèce de cèdre qu'après les avoir fait bouillir.

Ainsi, lorsqu'un vent très-fort, après avoir soufflé de terre avec violence pendant quelque temps, vient à cesser, et que les graines tombent sur la surface des eaux, et partout où l'océan, en rongeant les falaises, entraîne dans ses vagues les plantes qui autrement n'atteindraient jamais aux rivages, les marées et les courants concourent puissamment à la dispersion des végétaux de presque toutes les classes. C'est de cette manière que le pandanus et plusieurs autres plantes ont été distribués sur les îles de la mer Pacifique.

(1) *Syst. of Physiological Botany*, vol. II, p. 403.

Dans une collection de 600 plantes recueillies aux environs du Zaïre, en Afrique, feu le Dr Robert Brown a trouvé treize espèces que l'on avait également rencontrées sur les rivages opposés de la Guyane et du Brésil. Il remarqua que la plupart de ces plantes ne se trouvaient que sur les parties basses du Zaïre, et que leurs graines étaient de la nature de celles qui conservaient longtemps leur vitalité dans les courants de l'océan. Le Dr Hooker m'apprend, qu'après un examen d'un grand grand nombre de flores insulaires, il a découvert que, parmi les grands ordres naturels, il n'en est pas de plus riche en espèces communes à d'autres régions, que celui des légumineuses. Dans cet ordre qui renferme la plus grande proportion d'espèces littorales largement disséminées, les graines sont mieux adaptées que celles d'aucune autre plante pour un transport par les eaux.

M. Darwin a fait une série d'expériences pour constater pendant combien de jours les graines et les fruits de diverses plantes pouvaient résister à l'action nuisible de l'eau de mer; il a trouvé que, sur 87 espèces, 64 ont parfaitement germé après une immersion de 28 jours dans l'eau salée, et que plusieurs supportaient même une immersion de 37 jours. En se fondant sur la vitesse moyenne des courants océaniques, il est venu à conclure qu'un grand nombre de graines pouvaient être transportées, sans être altérées, à travers 1,600 kilomètres de mer (1).

Les courants et les vents entraînent, dans les régions arctiques, des champs de glace recouverts d'un sol d'alluvion, sur lequel on voit de jeunes pins et une variété de plantes herbacées, dont la végétation peut se continuer sur quelque rivage lointain où viendra aborder l'île de glace.

Dispersion des plantes marines. — Quant aux végétaux de la mer, leurs graines se trouvant dans leur élément naturel

(1) *Origine des espèces*, chap. XI.

lorsqu'elles sont dans l'eau, peuvent y rester immergées sans inconvénient pendant des temps indéfinis; de sorte que l'on conçoit sans peine que la dispersion des espèces puisse avoir lieu partout où des climats défavorables, des courants contraires et d'autres causes analogues ne viennent point la contrarier. Tout le monde a vu l'algue flottante,

> Flung from the rock on ocean's foam to sail,
> Wherever the surge may sweep, the tempest's breath prevail.

> Lancée du roc sur l'écume de l'océan, naviguer, partout où s'agite une mer en courroux, partout où souffle une tempête.

J'ai déjà signalé le fait intéressant (p. 493) qu'un cinquième des algues trouvées, en 1841-1843, dans les régions antarctiques, par le Dr Hooker, appartenaient à des espèces que l'on retrouve dans les mers Britanniques. Cet auteur a supposé que les courants froids qui dominent depuis le cap Horn jusqu'à l'Équateur, où ils rencontrent d'autres eaux également froides, ont pu, soit par leur influence directe, soit par leur température, faciliter le passage des espèces Antarctiques dans l'océan Arctique.

Des accumulations considérables de la plante marine généralement connue sous le nom de fucus nageant, ou sargasse, se trouvent au nord de l'Équateur, dans l'Atlantique septentrional. Christophe Colomb et plusieurs autres navigateurs qui, les premiers, rencontrèrent ces bancs d'algues, les comparèrent à de vastes prairies inondées, et reconnurent qu'ils retardaient la marche de leurs vaisseaux. Cette masse de végétaux flottants surpasse en étendue les îles Britanniques, et se trouve entre les 20e et 35e degrés de latitude au sud-ouest de l'Europe.

En 1696, sir Hans Sloane a constaté que cette plante marine croît sur les rochers de la Jamaïque, et passe pour être « portée par les vents et les courants vers la côte de la Floride, et de là dans l'océan de l'Amérique septentrionale, où elle se

montre en masse compacte à la surface de la mer (1). »

Humboldt a suggéré, le premier, que ce fucus occupe un remous dans cette partie de l'Atlantique où le Gulf-Stream est rencontré par un courant venant du nord; et Maury explique, de la même manière, la présence d'un grand banc de soude brute et de plantes marines qui se trouve dans la mer Pacifique septentrionale, au nord des îles Sandwich, ainsi que d'un autre situé dans l'océan Méridional, autour de la Terre de Kerguelen, entre les 40e et 54e degrés de latitude (2).

Feu Robert Brown penchait à croire que le fucus nageant provenait originairement de certaines côtes du golfe de Floride. Lorsqu'il flotte sur l'Océan, il se propage rapidement à l'aide de nouvelles frondes qui poussent continuellement des anciennes; et la plante, produite en majeure partie sous l'influence de ces circonstances particulières, peut bien être modifiée au point de ne pouvoir être facilement identifiée avec la souche originelle d'où elle est dérivée (3). Feu Edward Forbes pensait que cette algue avait primitivement poussé sur une ancienne ligne de côtes, submergée depuis, et formant l'extrémité orientale du continent européen et de l'Afrique septentrionale, qui à cette époque s'avançait au loin dans l'Atlantique (4). Mais la grande profondeur de l'Océan, qui est, en général, de 300 à 3,000 mètres, et même beaucoup plus, sur une grande partie de l'aire, convertie, d'après l'hypothèse en question, de terre en mer, depuis l'époque Miocène, me porte à croire, comme chose bien plus probable, que cette plante marine, au lieu d'avoir pris naissance sur un rivage disparu par suite d'affaissement, a été transportée de quelque partie de l'Amérique.

(1) *Phil. Trans.*, 1696.

(2) Voir la carte des mers de Sargasse, empruntée à Maury par Andrew Murray, *Geog. Dist. of Mammals*, 1866.

(3) R. Brown, *Mode of Propagation of Gulf-Weed. Miscell. Works.*, vol. I, Ray Society, 1866.

(4) E. Forbes, *Fauna and Flora*, etc., 1846, vol. I, p. 349.

Comme preuve de la grande distance à laquelle sont entraînées les plantes marines, je mentionnerai la découverte que fit le Dr Hooker, le long du bord oriental du Gulf-Stream, de *Fucus nodosus* et de *F. serratus*, dont il suivit tout le parcours depuis le 36e degré de latitude nord jusqu'en Angleterre. Les conceptacles, semblables à des gousses, dans lesquelles sont logées les semences de plusieurs algues et les filaments qui adhèrent au périspore de quelques autres, semblent destinés à les soutenir sur l'eau. Il est à remarquer, en outre, que ces hydrophytes sont généralement *prolifères*, de sorte que le plus petit fragment d'une de leurs branches peut se développer en une plante complète. Enfin, la plupart des espèces sont enveloppées d'une matière mucilagineuse, semblable à celle qui entoure les œufs de quelques poissons et qui, non-seulement les protége contre tout accident, mais sert aussi à les attacher soit à des corps flottants, soit à des rochers.

Action des animaux dans la distribution des plantes. — Nous n'avons encore considéré qu'une partie des puissantes ressources dont dispose la Nature pour transporter les graines loin de leur pays natal. Les diverses classes d'animaux contribuent de la manière la plus active à l'accomplissement d'un phénomène dont elles retirent de très-grands avantages. Quelquefois les graines présentent une structure telle qu'à l'aide de piquants, de crochets ou de poils, elles peuvent adhérer fortement au pelage des quadrupèdes et au plumage des oiseaux, où elles restent fixées pendant plusieurs semaines ou même plusieurs mois; de cette façon, elles se trouvent transportées dans toutes les régions que ces animaux peuvent atteindre. Linné compte cinquante genres de plantes (le nombre de celles que l'on connait aujourd'hui est bien plus considérable), armées de crochets, au moyen desquels les graines, quand elles sont mûres, s'attachent aux poils des animaux. La plupart de ces végétaux exigent, comme l'observe ce naturaliste, un sol bien fumé. Tout le monde a remarqué les flocons

de laine que laissent les moutons aux buissons près desquels ils passent, et il est fort probable que le lion et le loup ne donnent jamais la chasse aux animaux herbivores sans favoriser, à leur insu, cette partie de l'économie végétale.

Lorsqu'une bête fauve s'écarte, en broutant dans un gras pâturage, de la troupe dont elle fait partie, et que, surprise tout à coup par l'approche de quelque ennemi, elle prend rapidement la fuite, souvent elle se précipite à travers un fourré de buissons, et traverse ensuite à la nage des rivières et des lacs. Les graines de plantes et d'arbustes qui se sont attachées à ses flancs fumants de sueur, et même la partie épineuse que l'animal a arrachée dans son passage et qui se fixe dans ses poils, se trouvent ensuite enlevées par d'autres buissons et d'autres broussailles. A l'endroit même où la victime est dévorée, on retrouve quelquefois un grand nombre de graines qu'elle avait avalées immédiatement avant d'être poursuivie, et qui, n'ayant subi aucune altération, sont en état de germer dans un nouveau sol.

Le passage des graines non digérées dans l'estomac des animaux est une des causes les plus efficaces de la dispersion des plantes ; et c'est, de toutes, celle peut-être à laquelle on fait le moins d'attention. On sait pourtant qu'une partie de l'avoine mangée par un cheval conserve la faculté de germer dans le fumier. Quant à ce qui reste de nutritif dans ces graines, le freux, cet oiseau doué d'une sagacité si remarquable, ne tarde pas à en faire son profit. Beaucoup de personnes, dit Linné, ne considérant pas que la fécondité des petites graines n'est point détruite par leur passage à travers l'estomac des animaux, trouvent extraordinaire et même prodigieux qu'un champ bien labouré et ensemencé du meilleur froment produise souvent de l'ivraie ou de la folle avoine, surtout lorsqu'il est fumé avec du fumier nouveau (1).

1 Linné, *Amœn. acad.* vol. II, p. 402

Quelques oiseaux de l'ordre des passereaux mangent avidement et en très-grande quantité les graines qu'ils rejettent sur des points fort éloignés, sans qu'elles perdent pour cela la faculté de végéter. Ainsi un vol d'alouettes remplira le champ le plus net d'une multitude de plantes diverses, telles que la lupuline (*Medicago lupulina*), et plusieurs autres dont les graines sont si pesantes que le vent ne peut les emporter à de grandes distances (1). On voit aussi que lorsque le merle et la draine mangent des baies en trop grande quantité, celles-ci se retrouvent indigérées dans leurs déféeations qui sont déposées sur le sol (2).

Les fruits pulpeux servent de nourriture aux quadrupèdes et aux oiseaux, tandis que leurs graines, souvent dures et difficiles à digérer, traversent les intestins sans éprouver aucune altération et sont déposées, loin du lieu de leur origine, dans la condition la plus favorable à la végétation (3). Les fermiers, dans quelques parties de l'Angleterre, savent si bien cela, que lorsqu'ils désirent obtenir une haie vive en aussi peu de temps que possible, ils nourrissent leurs dindons avec des cenelles de l'aubépine commune (*Cratægus Oxyacantha*), et sèment ensuite les noyaux de ces baies que les dindons rejettent dans leurs excréments, moyen par lequel ils gagnent une année entière pour la croissance de la haie (4). Quand les oiseaux sont parvenus à détacher des arbres soit des cerises, soit des prunelles ou des baies d'aubépine, ils les emportent en quelque lieu commode, où, après avoir mangé le fruit, ils laissent tomber le noyau sur le sol. Le Capitaine Cook, dans sa description de l'île volcanique de Tanna, l'une des Nouvelles-Hébrides, qu'il visita à son second voyage, raconte le fait intéressant que voici : « M. Forster, dit-il, ayant, dans l'excursion botanique qu'il a faite aujour-

(1) *Amœn. Acad.*, vol. IV. Essai, 75, § 8.
(2) *Amœn. acad.*, vol. VI, § 22.
(3) Smith, *Introd. to Phys. and Syst. Botany*, p. 301, 1807.
(4) Ce renseignement m'a été donné par le professeur Henslow, de Cambridge.

d'hui, tué un pigeon dont le jabot renfermait une manèque, a vainement cherché, dans cette île, l'arbre qui produisait ce fruit (1). » Or, un exemple pareil ne prouve-t-il pas que les oiseaux, dans leurs migrations à de grandes distances, et même outre mer, peuvent transporter des graines, même pesantes, sur de nouvelles îles et sur de nouveaux continents?

La mort subite à laquelle un grand nombre d'oiseaux frugivores sont exposés chaque année, doit être considérée aussi comme une circonstance qui favorise le transport des graines à des habitations nouvelles. Quand la mer se retire du rivage, et qu'elle laisse des fruits et des graines sur la plage, ou dans la vase des estuaires, elle peut, au retour de la marée, les entrainer de nouveau, ou les détruire par une longue immersion; mais lorsque ces fruits et ces graines sont recueillis par des oiseaux terrestres qui fréquentent les bords de la mer, par des échassiers ou par des oiseaux aquatiques, souvent ils sont ainsi transportés dans l'intérieur des terres; et ils peuvent, si l'oiseau qui les porte dans son jabot est tué, se trouver déposés loin de la mer et y végéter. Qu'un pareil fait ne se produise qu'une fois dans l'espace d'un siècle, ou même de dix siècles, et il n'en faudra pas davantage pour qu'un grand nombre des plantes d'un continent se trouvent propagées dans un autre; car, pour apprécier l'activité de ces causes, nous ne devons pas considérer si elles agissent lentement eu égard à la période de notre observation, mais relativement à la durée des espèces en général.

Examinons comment agit la cause en question, lorsque d'autres viennent s'y joindre encore. Un vent de tempête emporte les graines d'une plante à plusieurs kilomètres dans l'air et les livre ensuite à l'océan; le courant océanique les entraine à son tour vers un continent éloigné; puis, la marée descendante les laissant à sec, elles deviennent la pâture d'une

(1) Liv. III, chap. IV.

multitude d'oiseaux ; un de ceux-ci est enlevé par un aigle ou par un faucon qui, prenant son essor à travers la colline et le vallon pour gagner un lieu solitaire, abandonne, après avoir dévoré sa proie, les graines peu savoureuses que cet oiseau avait introduites dans son estomac, et qui se trouvent ainsi amenées à croître et à prospérer dans un sol entièrement nouveau.

D'après M. Darwin, des poissons d'eau douce avalent les graines de beaucoup de plantes terrestres ou aquatiques ; ces poissons étant fréquemment dévorés par des oiseaux, ces graines peuvent être ainsi transportées facilement à de grandes distances. Le même naturaliste a également observé que la terre adhérant aux pieds des oiseaux contient souvent diverses graines de plantes ; il cite un cas où il a retiré d'une boule terreuse, fixée à l'une des pattes d'une perdrix, plus de quatre-vingts graines de plantes appartenant à des espèces tant monocotylédones que dicotylédones (1). Il est probable que les insectes contribuent, comme les oiseaux, à la dissémination des plantes, car nous avons eu récemment la preuve (chap. XLI) que des graines avalées et rejetées ensuite par des sauterelles avaient conservé leur pouvoir de germination.

Le mode d'action qui vient d'être indiqué est tellement propre à disséminer les graines sur des espaces presque illimités, que si nous étions plus intimement initiés aux secrets de la Nature, nous pourrions probablement expliquer tous les exemples de plantes que l'on rencontre sur deux points éloignés l'un de l'autre, et que l'on ne trouve point dans les régions intermédiaires; mais il sera toujours difficile de connaître parfaitement la distribution des espèces, tant que les botanistes limiteront leurs observations à l'état actuel du climat et de la géographie physique du globe. Quant au géologue, il peut démontrer que de grands changements ont eu lieu dans la

(1) *Origine des espèces*, 3e édit. franç., p. 438.

hauteur des continents et dans la position relative des terres et des mers, depuis l'époque où sont venues à l'existence le plus grand nombre des espèces végétales qui vivent de nos jours ; et nous verrons, dans le quarante-deuxième chapitre, comment ces changements du globe ont influé sur la réduction numérique, ou même sur l'extinction complète de certaines espèces.

Action de l'homme dans la dispersion des plantes. — A tous les agents que nous avons déjà cités comme contribuant à la diffusion des plantes sur les diverses parties du globe, il nous en reste encore un autre à ajouter : l'homme, qui, sans contredit, est l'un des plus importants. Il transporte avec lui, dans toutes les régions, les végétaux qu'il cultive pour ses besoins, et contribue involontairement à propager un plus grand nombre encore de plantes qui lui sont inutiles ou même nuisibles. « Lorsque l'introduction de ces cultures est récente, dit de Candolle, il n'est pas difficile de remonter à leur origine ; mais, lorsqu'elle est très-ancienne, on ignore souvent la vraie patrie de ces plantes nourricières. Ainsi, personne ne conteste l'origine Américaine du maïs ou de la pomme de terre, non plus que l'origine, dans l'Ancien Monde, du café et du froment. Mais il est certains végétaux cultivés de très-ancienne date entre les tropiques, tels, par exemple, que le bananier, dont on ne peut vérifier l'origine. On a vu, de nos jours, des armées porter çà et là des graines et des procédés de culture d'une extrémité de l'Europe à l'autre, et nous montrer ainsi comment, dans des temps plus anciens, les conquêtes d'Alexandre, les expéditions lointaines des Romains, et ensuite les croisades, ont pu servir à transporter plusieurs plantes d'une partie du monde à l'autre (1). »

Mais indépendamment des plantes dont la culture s'est emparée, celles qui ont été naturalisées accidentellement, ou

(1) De Candolle, *Essai élémentaire*, etc., p. 50.

que l'homme a propagées sans en avoir l'intention, sont extrêmement nombreuses. Un de nos anciens auteurs, Josselyn, a fait un catalogue des plantes qui, de son temps, croissaient dans la colonie depuis que les Anglais avaient importé et élevé du bétail dans la Nouvelle-Angleterre. Elles étaient au nombre de vingt-deux; l'ortie commune fut la première que les colons remarquèrent, et les Indiens donnèrent au plantain le nom de « pied d'Anglais », comme s'il croissait sous les pas de ceux-ci (1).

« Nous avons introduit dans toutes les parties du globe, observe de Candolle, toutes les mauvaises herbes qui poussent au milieu de nos diverses sortes de céréales, et que peut-être nous avons reçues d'Asie avec elles. Ainsi, avec les blés de Barbarie, les habitants du midi de l'Europe sèment depuis plusieurs siècles les plantes d'Alger et de Tunis; ainsi, avec les laines et les cotons de l'Orient ou de la Barbarie, on apporte fréquemment en France des graines de plantes exotiques dont quelques-unes se naturalisent. J'en citerai un exemple frappant. Il est à la porte de Montpellier une prairie consacrée à faire sécher les laines étrangères *après qu'elles ont été lavées;* il ne se passe presque point d'années qu'on ne trouve, dans ce pré aux laines, des plantes étrangères naturalisées; j'y ai cueilli la *Centaurea parviflora*, la *Psoralea palæstina* et l'*Hypericum crispum.* » Or, ce fait montre non-seulement à quel point l'homme concourt involontairement à la propagation des plantes, mais il fait voir aussi quelle immense quantité de graines sont transportées à l'aide des fourrures des animaux sauvages.

Le même botaniste rapporte plusieurs exemples de plantes étrangères naturalisées dans des ports de mer par les lests des vaisseaux. Il cite également d'autres plantes qui, provenant de divers jardins botaniques, se sont répandues en Europe,

(1) *Quarterly Review*, vol. XXX, p. 8.

de manière à devenir plus communes qu'un grand nombre d'espèces indigènes.

Il y a un siècle à peine, dit Linné, que l'*Erigeron* du Canada, ou conyxe, fut apporté d'Amérique au jardin botanique de Paris, et déjà ses graines ont été tellement disséminées par les vents que cette plante se trouve répandue en France, aux îles Britanniques, en Italie, en Sicile, en Hollande et en Allemagne (1). Le naturaliste Suédois en cite plusieurs autres qui ont été dispersées par des moyens semblables. La pomme épineuse commune (*Datura stramonium*), croît actuellement, dit Wildenow, comme plante nuisible, dans toute l'Europe, à l'exception de la Suède, de la Laponie et de la Russie. Elle nous est venue des Indes Orientales, et ne fut aussi généralement répandue que parce que certains charlatans employaient sa graine comme émétique (2). La même plante abonde aujourd'hui aux États-Unis, sur les bords des routes et dans les cours des fermes. La mimule à fleurs jaunes (*Mimulus luteus*), originaire de la région nord-ouest de l'Amérique, s'est naturalisée dans diverses parties de l'Angleterre, où elle se propage très-rapidement.

Dans les pays chauds et mal cultivés, ces naturalisations s'opèrent très-aisément. Ainsi, le *Chenopodium ambrosioides*, semé par M. Burchell sur un point de l'île Sainte-Hélène, se multiplia tellement dans l'espace de quatre ans, qu'il devint une des mauvaises herbes les plus communes de l'île, où il n'a pas cessé de se reproduire depuis l'année 1845 (3).

« On trouve, dit de Candolle, une preuve très-remarquable de ces naturalisations ou dispersions que l'homme fait à son insu, dans la comparaison même des plantes qui se retrouvent à de grandes distances : ainsi, dans la Nouvelle-Hollande, dans l'Amérique, au cap de Bonne-Espérance, on rencontre plus

(1) *Essai sur la Terre Habitable. Amœn, Acad.*, vol. II, p. 409.
(2) *Principes of Botany*, p. 389.
(3) *Ibid.*

d'espèces originaires d'Europe que d'aucune autre partie du monde ; d'où l'on voit que l'influence de l'homme l'emporte, dans ce cas, sur celle des autres causes qui tendent à disséminer les plantes dans des régions éloignées. Un cinquième environ des plantes actuelles des îles Britanniques passent pour être des espèces naturalisées, et la plus grande partie d'entre elles périraient si l'on venait à en discontinuer la culture.

Quoique nous ne sachions encore que très-imparfaitement jusqu'à quel point nous concourons à la naturalisation des espèces, les faits établis donnent tout lieu de croire que le nombre de celles que nous introduisons à notre insu l'emporte sur celui des espèces transportées volontairement. Il paraît assez naturel aussi de supposer que les fonctions que les êtres inférieurs, exterminés par l'homme, accomplissaient jadis dans l'économie de la Nature, pourraient bien échoir à la race humaine. Si nous chassions un grand nombre d'oiseaux de passage de diverses contrées, il nous faudrait probablement suppléer par notre propre action au transport qu'ils effectuent dans des régions éloignées, des graines, des œufs de poissons, des mollusques et d'autres créatures. De même, si nous exterminions les quadrupèdes, nous serions obligés de les remplacer, non-seulement à l'égard de la consommation qu'ils faisaient de certaines substances animales et végétales, mais sous le rapport aussi de la dissémination des plantes et des classes inférieures du règne animal. Mon intention n'est point de donner à entendre que les changements dus vraiment à l'homme auraient eu lieu par l'intermédiaire d'autres espèces; je veux dire seulement qu'il remplace un certain nombre d'agents, et qu'en tant qu'il concourt, sans le savoir ou sans le vouloir, à la dispersion des plantes, son intervention est tout à fait analogue à celle des espèces par lui détruites.

J'observerai en outre que si, à d'anciennes époques, les animaux habitant un district donné ont subi quelque modifica-

tion par suite de l'extinction de certaines espèces, et de l'apparition de quelques autres due à des créations nouvelles ou à des migrations, il doit nécessairement s'être produit quelque changement à l'égard des plantes transportées avec les animaux en question dans des contrées étrangères. Quand, par exemple, une bande d'oiseaux voyageurs en remplace une autre, les contrées d'où viennent les graines transportées par leur intermédiaire, et celles où ils les déposent, se trouvent immédiatement changées. On voit donc que des modifications, analogues à celles que l'homme a occasionnées, peuvent avoir été déterminées jadis par les nouvelles relations qui se sont établies entre certaines espèces du règne végétal et du règne animal.

Nous remarquerons encore que l'homme est l'agent le plus efficace pour circonscrire aussi bien que pour étendre les limites géographiques de certaines plantes. Il favorise la migration de plusieurs espèces, et entrave celle de quelques autres, de sorte qu'à certains égards on peut dire que par son action il contribue à mélanger et à confondre dans divers districts les espèces indigènes, en même temps que d'un autre côté il empêche la fusion en un seul groupe des espèces propres à des districts contigus.

Un fait bien connu des botanistes, c'est que les plantes de jardin se naturalisent et se répandent avec une grande facilité dans les contrées pour ainsi dire incultes, mais qu'elles se propagent lentement et avec difficulté dans les districts soigneusement cultivés. Plusieurs causes évidentes expliquent cette différence : l'irrigation et la culture diminuent la diversité naturelle des stations, et les individus égarés à l'aide desquels s'opère le passage de telle ou telle espèce d'une station favorable à une autre, ne sont pas plus tôt aperçus par l'agriculteur qu'ils sont arrachés comme de mauvaises herbes. Les grands arbustes et les arbres surtout ne peuvent manquer d'être remarqués quand ils ont atteint une certaine dimen-

sion, et sont inévitablement détruits lorsqu'ils ne sont pas utiles.

Les mêmes observations s'appliquent à l'échange des insectes, des oiseaux et des quadrupèdes, entre deux régions situées comme celles dont nous parlions tout à l'heure. On ne souffre point que les grands animaux nuisibles traversent les terres labourables intermédiaires. Un grand nombre d'oiseaux et des centaines d'insectes, à qui les diverses plantes herbacées et ligneuses de la région originairement inculte auraient offert une alimentation convenable, ne trouvent aucune ressource pour leur subsistance dans l'olivier, la vigne, le froment et les autres plantes ou arbres cultivés en petit nombre par l'homme. Ainsi donc, indépendamment de son intervention directe, l'homme, dans ce cas, concourt indirectement à entraver la dissémination des plantes en empêchant les migrations des animaux, dont plusieurs eussent autrement servi d'une manière active à transporter des graines d'une province à une autre.

Nous verrons plus tard que les espèces appartenant à des genres étrangers à la province dans laquelle elles ont été introduites s'y propagent souvent avec plus de rapidité que les plantes des genres et des espèces indigènes. Ce fait, qui a une très-grande importance au point de vue de l'origine des espèces, est défavorable à la doctrine suivant laquelle de nouvelles espèces auraient été spécialement créées dans chaque station, mieux organisées pour y prospérer que toutes les autres, tandis qu'il concorde parfaitement avec l'idée que de nouvelles terres ou stations ont été primitivement colonisées par des plantes et par des animaux qui ont pu gagner ces régions, sans violer les lois fixes et immuables qui gouvernent la dispersion des espèces. Une fois introduites, ces espèces ont dû s'adapter, par les moyens de la variation et de la sélection, à toutes les conditions particulières de la nouvelle contrée; mais il se peut encore qu'elles soient moins propres à y vivre que

certains autres organismes coexistants sur le globe, et qui ont été peut-être empêchés par des barrières insurmontables d'atteindre la même contrée où ils auraient affirmé leur supériorité dans la lutte pour l'exisfence.

CHAPITRE XLI

DES FAUNES ET DES FLORES INSULAIRES CONSIDÉRÉES AU POINT DE VUE DE L'ORIGINE DES ESPÈCES.

Origine volcanique et âge Miocène des îles de l'Atlantique. — Iles une fois formées qui, depuis, n'ont été ni submergées ni unies à d'autres îles. — Arguments contre l'extension des continents. — Carte montrant la grande profondeur de l'océan entre les archipels volcaniques de l'Atlantique occidental et le continent. — Des éruptions des volcans sous-marins dans le siècle actuel. — Conclusions générales à déduire des espèces d'animaux et de plantes propres ou non aux îles de l'Atlantique. — Mammifères, oiseaux, insectes, plantes, coquilles terrestres de ces îles. — Petit nombre des espèces de coquilles terrestres communes à Madère et à Porto-Santo. — Proportion des espèces communes à Madère et aux îles Désertes. — Contraste de la faune testacée des îles Britanniques avec celle des îles de l'océan Atlantique. — Mode suivant lequel une île Océanique a pu se peupler de coquilles terrestres. — La variabilité des espèces n'est pas plus grande dans les îles que dans les continents.

Nous examinerons dans ce chapitre les traits caractéristiques de la faune et de la flore des îles qui se trouvent éloignées des continents. On a dit avec raison que la distribution des espèces, dans ces situations particulières, fournit peut-être la meilleure épreuve à laquelle on puisse soumettre la théorie de la Variation et de la Sélection Naturelle, pour en reconnaître la valeur.

J'ai déjà établi, en règle générale, que lorsque les îles sont voisines d'un continent, et qu'elles n'en sont séparées que par une mer d'une faible profondeur (inférieure, par exemple, à 100 brasses), leur faune et leur flore sont identiques avec celles du continent. Mais quand une île est très-étendue, comme celle de Madagascar, et qu'elle est séparée du continent par un chenal de mer profond et large de plusieurs centaines de kilomètres, ses espèces de quadrupèdes diffèrent de celles de la terre voisine, bien que tous les genres en soient à peu près les mêmes, tandis que les autres membres du règne végétal

et du règne animal y offrent une identité plus ou moins grande avec ceux du continent, suivant la classe à laquelle ils appartiennent.

Si, faisant un pas de plus, on considère de petites iles éloignées de la terre ferme et entourées d'un océan profond, on trouve qu'elles sont remarquables par le nombre des espèces particulières de plantes et d'animaux qu'elles renferment, une seule ile du même groupe étant quelquefois habitée par plusieurs espèces qui lui sont exclusivement propres. Cependant, même dans ces localités, on peut distinguer entre les formes insulaires, considérées dans leur ensemble, et celles du continent le plus rapproché, une affinité bien supérieure à celle qui relie ces organismes à la faune et à la flore de parties plus éloignées du globe.

Origine volcanique et âge Miocène des iles de l'océan Atlantique. — Je prendrai pour types principaux des archipels océaniques les iles de Madère et des Canaries, parce que je les ai visitées moi-même et ai étudié leur structure géologique, — connaissance faute de laquelle les spéculations et les théories d'un zoologiste et d'un botaniste, relativement au mode dont ces iles se sont peuplées d'êtres vivants, doivent être nécessairement très-incomplètes. — Nous avons d'abord à déterminer la période du passé à laquelle on peut faire remonter l'origine de ces iles, et puis encore à rechercher si elles sont les débris d'un continent préexistant, ou si elles ont été formées dans le milieu de l'océan par des éruptions volcaniques.

Si nous trouvons la preuve que la dernière conclusion s'applique aux iles Océaniques, nous aurons encore à apprendre si chacune d'elles s'est maintenue au-dessus des eaux pendant le cours entier de sa croissance due à des éruptions successives, ou si elle a subi des oscillations de niveau, par suite de mouvements alternatifs d'élévation et d'abaissement. Nous sommes heureusement à même de donner une réponse satis-

faisante à la plupart de ces questions. On peut affirmer que les éruptions les plus anciennes ont eu lieu dans cette partie de la période Tertiaire Moyenne que j'ai désignée sous la dénomination de Miocène Supérieur. Dès que les premières laves solidifiées eurent dressé leurs sommets au-dessus des eaux, elles furent exposées à l'action des vagues; des fragments de roches volcaniques s'en détachèrent, allèrent s'arrondir sur le rivage, et quelques-uns d'entre eux furent entraînés dans les parties plus profondes de la mer adjacente, où ils formèrent des lits de galets, de conglomérats, de sables et de grès, dans lesquels furent ensevelis des coraux et des coquilles d'espèces Miocènes. De toutes ces espèces, le plus grand nombre est actuellement éteint; mais leurs débris fossiles nous ont été rendus visibles, parce qu'ils ont été soulevés, dans diverses îles, à de grandes hauteurs, surtout dans la Grande-Canarie, à Madère et à Porto-Santo, où ils atteignent quelquefois celle de 450 à 600 mètres au-dessus du niveau de la mer. Le mouvement d'élévation fut, je crois, très-graduel, et se continua pendant toute la période où s'effectuait, à la surface de ces îles, l'empilement de plusieurs centaines de mètres de laves basaltiques et trachitiques, tout à fait analogue à l'exhaussement graduel, déjà décrit, des couches marines Pliocènes qui constituaient les fondements du mont Etna, tandis que s'édifiait par accumulation le faîte sous-aérien du grand cône (1).

Je n'ai découvert nulle part, dans aucune des îles Océaniques que j'ai explorées, la moindre trace de l'affaissement, ou même de la submersion temporaire des anciennes surfaces terrestres. A Madère, des centaines de couches minces, horizontales et de couleur rouge brique, séparent les coulées de lave ancienne que l'on voit dans les falaises marines ou dans les précipices de l'intérieur; elles sont exactement semblables

(1) Vol. II, p. 6.

à une couche de terre végétale calcinée qui se trouve près de Catane, et que j'ai déjà décrite (p. 16) comme ayant été recouverte en 1669 par un grand courant de lave, et semblent être, toutes sans exception, d'anciens sols formés par de la lave et du sable volcanique décomposés. Ces couches, enfin, témoignent de la destruction réitérée et du renouvellement des anciennes surfaces habitables, sans montrer aucun signe de submersion ou d'intervention de la mer. D'un autre côté, les mouvements d'élévation paraissent avoir été toujours partiels, et n'avoir pas dépassé les limites des îles distinctes dans lesquelles on trouve les couches marines soulevées. La ligne de 100 brasses se remarque toujours près du rivage (1), et, en dehors de cette ligne, la profondeur de l'eau augmente très-rapidement, de sorte qu'il est fort invraisemblable qu'aucune des îles principales ait été rattachée à une autre et s'en soit plus tard séparée. Il est vrai que Madère pourrait être reliée aux îles Désertes (2), si les 100 brasses de mer venaient à disparaître ; mais aucune raison géologique ne fait présumer que la crête intermédiaire, couverte sur une partie de plus de 120 mètres d'eau, forme jamais un isthme non interrompu qui joigne Chao à l'extrémité sud-est de Madère.

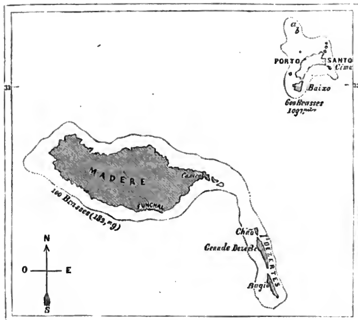
La haute antiquité des Canaries et de Madère est attestée par la double preuve de l'élévation et de l'étendue des îles elles-mêmes, ainsi que par l'âge des débris fossiles organiques (de date Miocène) dont nous avons déjà parlé comme ayant été ensevelis dans les produits des éruptions anciennes.

A Madère, les matières volcaniques accumulées atteignent la hauteur de 1,500 mètres, et celle de 1,800 mètres dans la Grande-Canarie ; le cratère le plus élevé de Ténériffe domine de plus de 3,600 mètres la surface des eaux de la mer. On sait que les éruptions violentes sont ordinairement séparées par de longs intervalles de temps, et l'on peut conclure de l'histoire

(1) Voir la carte, p. 518.
(2) Voir la carte.

des Canaries et des archipels volcaniques, en général, que lorsqu'une île est dans un état inaccoutumé d'activité volcanique, les autres îles adjacentes jouissent d'une tranquillité relative. De plus, dans une et même île, les différentes rangées d'évents se mettent successivement en éruption, et tel est le cas pour Madère, où la série des cônes qui constitue actuellement la

Fig. 137.



Carte de l'archipel de Madère.

a. — Récif du Styx, situé à 21m60 au-dessous de l'eau.
b. — Récif du Faucon, situé à 7m80 au-dessous des eaux.

crête centrale, la plus élevée, ne remonte pas à une époque très-ancienne, car les laves provenant de ces orifices ont recouvert, en s'épanchant vers le sud, les produits d'une série d'éruptions antérieures (1).

(1) Voir Lyell, *Eléments de géologie*, vol. II, p. 318. 6e édit.

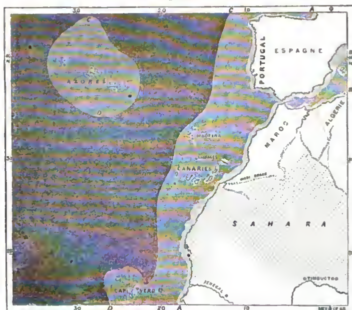
Dans tous ces archipels, on n'a jusqu'à ce jour que fort peu réussi à suivre le passage d'une faune et d'une flore Miocènes à celles d'une date récente, à l'aide des débris fossiles conservés dans le tuf volcanique; mais, à San-Jorge de Madère, M. Hartung et moi avons été assez heureux pour trouver, en 1854, dans un ravin profond et à la hauteur de 300 mètres au-dessus de la mer, une couche de lignite renfermant des empreintes de feuilles d'arbres forestiers et de quelques fougères. Ces empreintes paraissent se rapporter à quelque partie de la période Pliocène, et sont certainement d'une grande ancienneté, car les coulées nombreuses de lave et les couches de cendres volcaniques sont entassées les unes sur les autres sur une épaisseur d'environ 330 mètres. Sir C. F. Bunbury, et après lui le professeur Heer, ont montré que ces feuilles fossiles prouvent qu'à l'époque où elles ont été enfouies, soit dans le limon, soit dans le fond d'un ancien cratère, Madère était couverte d'arbres à feuilles persistantes et du type laurier, tels que le *Laurus* et l'*Oréodaphné*, mêlés à d'autres espèces appartenant à des genres d'Europe et à des fougères (*Woodwardia*); qu'en fait, cette île possédait des forêts et des taillis tout à fait identiques avec ceux qui caractérisent aujourd'hui sa végétation indigène. Toutefois, suivant Heer, quelques-unes des espèces anciennes diffèrent complétement de celles qui vivent actuellement à Madère (1).

D'après une opinion favorablement accueillie par quelques naturalistes et soutenue par feu Edward Forbes, les Açores, Madère et les Canaries seraient les derniers débris d'une terre ferme continue qui reliait jadis ces îles à la partie occidentale de l'Europe et à celle du nord de l'Afrique. Pour bien faire comprendre les raisons qui m'empêchent d'adopter cette hypothèse, je renverrai le lecteur à la carte ci-jointe, en partie basée sur une carte de la Géographie Physique de la Mer par

(1) Voy. Bunbury, *Geol. Quart. Journ.*, 1854, vol. X, p. 326, et *Eléments de géologie* de Lyell, vol. II, p. 351-52, traduction française, 6e édit.

Maury, et en partie sur les cartes de l'Amirauté, dont je dois une analyse à l'obligeance de M. T. Saunders. Un coup d'œil jeté sur cette carte convaincra le lecteur que la théorie d'une extension continentale implique un changement de niveau si considérable, que prétendre que cet événement a eu lieu depuis la fin de l'époque Miocène, c'est avancer une hypothèse tout à fait en désaccord avec ce que nous savons de la cons-

Fig. 138.



Carte montrant la profondeur de l'océan entre les archipels volcaniques situés à l'est de l'Atlantique septentrional et le continent.

L'océan a des nuances plus ou moins noires, suivant les divers degrés de profondeur ; ainsi :

Depuis la ligne des côtes jusqu'à la profondeur de 300 mètres, *ombre claire.*
Depuis 300 metres de profondeur jusqu'à celle de 3,000 mètres, — *plus foncée.*
Au-dessous de 3.000 mètres de profondeur, — *très-noire.*

La ligne de 300 mètres est désignée par les lettres A B, et celle de 3,000 mètres par C D.

tance de position des continents et des bassins océaniques, pendant le cours de longues périodes géologiques. Les Aço-

res, dont les roches fossilifères les plus anciennes sont, comme celles de Madère et des Canaries, de date Miocène, se trouvent entourées de toutes parts (1) par une zone d'océan de plus de 3,000 mètres de profondeur. En outre, il existe, entre les Açores et le Portugal, une ligne de sondages d'une profondeur de plus de 4,500 mètres, qui montre que la présence, aux temps anciens, d'une terre de communication dans ces parages, impliquerait, depuis la fin de la période Miocène, un premier abaissement d'une grande étendue continentale jusqu'au niveau de la mer, et puis une dépression ultérieure de la même masse, affleurant la surface des eaux, jusqu'à la profondeur de 3,000 à 4,500 mètres et plus. L'archipel de Madère, ainsi qu'on le remarquera, est situé près de la ligne C D, qui exprime une profondeur de 3,000 mètres, et la même observation s'applique à la portion orientale des îles Canaries. Sur le côté occidental de ce dernier archipel, l'océan, qui a plusieurs centaines de mètres de profondeur, sépare Fuerta-Ventura et Lancerotte du continent. L'escarpement général des falaises dans toutes les îles Océaniques, joint à l'approfondissement rapide de la mer au delà de la ligne de 100 brasses, sont des caractères à l'appui de l'opinion que chaque île a été formée séparément par des éruptions ignées dans une mer très-profonde. Aucun géologue ne peut mettre en doute que, dans ces îles, les lits de laves et de cendres volcaniques n'aient été, à l'origine, graduellement inclinés vers le rivage, et que les précipices abrupts, souvent d'une hauteur verticale de 300 à 600 mètres, qui font face actuellement à l'Atlantique, ne soient le résultat de l'action érosive des vagues.

Éruptions de volcans sous-marins dans le siècle actuel. — Ce qu'on sait de l'histoire moderne de l'action volcanique dans le bassin de l'Atlantique, permet aisément de se faire une idée de la manière dont se sont formés des groupes d'îles, tels que ceux des Açores et des Canaries. J'ai déjà mentionné

(1) Voir la carte.

que les fondements d'un archipel futur paraissent en voie d'être posés sur un point situé à mi-chemin entre les îles Sainte-Hélène et de l'Ascension, qui sont distantes l'une de l'autre d'environ 960 kilomètres (1). Là, en plein océan, à la distance de 1,920 kilomètres de la partie la plus voisine de l'Afrique, on aperçoit parfois des signes non équivoques d'éruptions sous-marines. En ce lieu, si hors de vue de toute terre ferme, on peut s'attendre à voir surgir quelque jour un cône et un cratère, comme Sabrina qui, en 1811, fit son apparition au milieu de la mer, à la hauteur de Saint-Michel, l'une des Açores (2); ou comme l'île Graham qui, en 1831, s'éleva dans une partie profonde de la Méditerranée, à 48 kilomètres de la terre la plus voisine, c'est-à-dire de la côte occidentale de la Sicile. Bien que ces îles aient été balayées l'une et l'autre par les vagues, elles ont laissé dans cette partie de la mer, des récifs de rochers solides d'où surgira, à la première occasion, un nouveau cône volcanique.

Cette année même, en novembre 1867, un volcan sous-marin a fait éruption dans la mer Pacifique du Sud, en un point situé à 1,200 milles géographiques de la Nouvelle-Zélande et à 1,800 de l'Australie, entre deux des îles les plus orientales du groupe Samoa ou des Navigateurs, archipel où, de mémoire d'homme, on n'avait jamais entendu parler d'éruption. Ce phénomène fut précédé de nombreuses secousses de tremblement de terre; des jets de boue et d'épaisses colonnes de sable et de pierres volcaniques, s'élevant à 600 mètres, ainsi que l'épouvantable fracas produit par la rencontre des masses de roches lancées en l'air avec celles qui retombaient, attestent le volume considérable de matière éjectée qui se trouvait accumulée dans le lit de l'océan, bien qu'il n'y eût là, au-dessus du niveau des eaux, aucune protrusion permanente d'un nouveau volcan.

(1) Voir ci-dessus, p. 83.
(2) Voir ci-dessus, p. 75.

Conclusions générales à déduire de la présence dans les îles Océaniques de plantes et d'animaux indigènes, ainsi que d'autres espèces. — Que l'on considère donc la composition des roches et la structure des îles Océaniques, ou que l'on examine leur origine relativement moderne, ainsi que la grande profondeur et l'étendue de la mer qui les sépare du continent le plus rapproché, on remarque que tous ces caractères tendent à nous convaincre qu'elles ont été formées au milieu de l'océan par l'action de la force volcanique. Nous trouverons aussi, si je ne me trompe, que la distribution géographique des espèces animales et végétales qu'elles renferment, concorde bien plus avec cette hypothèse qu'avec celle d'une extension continentale. Si, lors de la formation des premières îles, leurs colons primitifs ont été des plantes et des animaux venus comme épaves de la terre ferme la plus voisine, ils ont dû consister en espèces habitant l'Europe et l'Afrique septentrionale, aux temps du Miocène Supérieur. Nous sommes heureusement assez avancés dans nos connaissances pour dire, d'une manière certaine, quel était le caractère de la faune et de la flore de cette époque, qui différaient autant que possible de celles actuellement existantes dans les mêmes régions. On sait, par exemple, que la flore Miocène d'Europe a une forte affinité générique avec la végétation qui caractérise aujourd'hui l'Amérique du Nord, et que cette affinité est beaucoup plus grande avec cette flore qu'avec celle d'aucune autre partie de notre globe actuel; de sorte que si l'on rencontre des formes Américaines dans ces îles Atlantiques, il n'en résultera pas une violation de la loi générale qui attribue toujours à la création animée des archipels Océaniques une très-grande ressemblance avec celle de la terre la plus immédiatement voisine, car ces formes Américaines sont, sans aucun doute, les restes d'une flore dérivée d'un ancien continent adjacent de date Miocène. Mais il faut se rappeler aussi que la faune et la flore Miocènes d'Europe ont graduellement disparu

devant une autre faune et une autre flore de date Pliocène, et que toutes ces fluctuations dans le monde animé doivent s'être fait sentir dans les îles Océaniques, dans lesquelles la destruction et le renouvellement successifs des anciennes surfaces terrestres ont dû faciliter l'établissement de nouvelles espèces, apportées dans ces contrées par les vents, les courants marins et divers agents de transport, soit organiques, soit inorganiques. Les nouvelles coulées de lave auront surtout affaibli l'obstacle que les premiers occupants opposent toujours aux nouveaux colons; car la matière en fusion a commencé par détruire toute chose vivante sur la bande de terre, plus ou moins large, qui s'étend de l'orifice volcanique jusqu'à la côte, et qui, plus tard, après plusieurs années, la lave s'étant décomposée, fournit un sol neuf et vierge sur lequel peuvent s'établir de nouveaux émigrants. Les éjections volcaniques et les mouvements d'élévation, par suite des variations perpétuelles qu'ils apportent dans le niveau de la surface de chaque île au-dessus de la mer, entraînent aussi des fluctuations dans la faune et dans la flore de ces contrées. Cette partie basse de l'Afrique qui, dans notre carte, porte le nom de Sahara (fig. 138, p. 520), se trouvait probablement sous l'eau pendant la période Miocène. Or, il se peut que, pendant et depuis l'ère Miocène, quelques îles volcaniques aient été formées, et puis détruites, dans l'espace ici représenté, et qu'elles aient joué un rôle important dans l'échange réciproque des espèces, soit entre différents archipels, soit entre ceux-ci et le continent.

On remarquera qu'en ce moment il existe, à moitié chemin environ entre Madère et les Canaries, des rochers isolés, connus sous le nom des Sauvages, qui atteignent une hauteur de 30 mètres au-dessus de la mer. Le plus grand d'entre eux, inhabité comme les autres, a 1,600 mètres environ de longueur. Ces rochers surgissent d'un océan profond, et leurs falaises abruptes montrent qu'ils ont été considérablement ré-

duits dans leurs dimensions par l'action des vagues. Les plantes, les insectes et les coquilles terrestres qu'on y trouve appartiennent à ces types particuliers qu'on désigne sous le nom « d'Atlantiques », et sont probablement les restes d'une faune et d'une flore Miocènes.

Les remarques précédentes sur la géographie et sur la géologie des îles Océaniques sont indispensables au lecteur qui voudra bien nous suivre dans nos spéculations, relatives à la manière dont ces îles se sont peuplées des animaux et des plantes qui les habitent aujourd'hui. L'absence ou l'abondance de chaque classe, le nombre des espèces communes au continent le plus voisin, la distribution, limitée ou étendue, de chaque espèce dans les différentes îles ou les différents archipels, sont autant de faits propres à jeter une grande lumière sur la question de savoir si les espèces sont le résultat de créations indépendantes, ou si, modifications de formes préexistantes, elles sont les produits de la Variation et de la Sélection Naturelle.

Mammifères. — Le premier fait important dont nous ayons à rendre compte, c'est l'absence complète de tous Mammifères indigènes autres que des chauves-souris. Palma, l'une des Canaries, est habitée par une chauve-souris indigène, dont les progéniteurs peuvent être arrivés dans cette île aux temps du Miocène ou du Pliocène.

Quand on parcourt ces îles vertes et fertiles, dont le diamètre est de plus de 48 kilomètres, telles que la Grande-Canarie et Ténériffe, et que l'on voit combien sont nombreux les animaux domestiques, tels que chameaux, ânes, chevaux, chiens, moutons et porcs qui les habitent aujourd'hui, on est tout étonné de n'y rencontrer à l'état libre aucun animal sauvage, même le plus petit, tel que l'écureuil, le mulot et la belette. Le lecteur demandera sans doute comment ces quadrupèdes auraient pu atteindre une île comme Madère, qui se trouve à plus de 570 kilomètres du continent le plus voisin:

mais je lui répondrai que sa question suppose comme fait préalablement admis, qu'une puissance créatrice, s'exerçant d'une manière arbitraire, n'est pas obligée de donner naissance à des mammifères dans toutes les régions qui peuvent offrir à ces animaux des conditions favorables d'existence.

Depuis longtemps le Dr Prichard (1) avait fait remarquer que, dans les divers groupes d'îles fertiles de la mer Pacifique, on ne rencontre aucuns quadrupèdes, si ce n'est quelques chauves-souris, que l'on ne peut supposer y avoir été transportées, comme le chien, le porc et le rat, par les canots des naturels. Ce qui est plus extraordinaire, c'est que les premiers Européens qui visitèrent même la grande île de la Nouvelle-Zélande, la trouvèrent dépourvue de Mammifères indigènes, à l'exception d'une espèce de rat et de deux chauves-souris, qui diffèrent, dit-on, de toutes celles que l'on trouve partout ailleurs. On a vu des chauves-souris errer pendant le jour au loin sur l'océan Atlantique, et deux espèces de l'Amérique du Nord visitent les Bermudes, situées à 960 kilomètres du continent (2). M. Darwin insiste fortement sur l'absence de Mammifères dans les îles éloignées des continents, comme étant une preuve péremptoire de sa théorie de l'origine des espèces qui admet qu'elles descendent toutes d'espèces préexistantes étroitement alliées. L'absence des Mammifères nous fournit aussi un argument contre la doctrine de l'extension continentale; car, en admettant qu'une vaste étendue de terre ferme, rattachant l'Europe aux îles Océaniques, ait été graduellement submergée, de manière à ne laisser au-dessus des eaux d'autre trace que les sommets de certaines montagnes volcaniques, les Mammifères auraient pu se retirer sur ces points, où les plus petites espèces au moins auraient pu trouver leur subsistance. Les partisans d'une extension continentale ont prétendu que si Java venait à s'abaisser de

(1) Prichard, *Phys. hist. of Mankind*, vol. I, p. 75.
(2) *Origine des espèces*, édit. franç., p. 420.

plusieurs centaines de mètres, il ne resterait plus, en fait de terre solide, que les sommets d'une série de cônes volcaniques élevés, qu'un océan profond environnerait de toutes parts. Mais ces mêmes cônes, ainsi que nous l'avons vu (p. 459), seraient individuellement habités par leurs espèces particulières de Mydaus; et, sans aucun doute, ils serviraient de refuge à d'autres espèces de Mammifères. En supposant que pas un des quadrupèdes n'ait pu atteindre à la nage les Açorès, Madère ou les Canaries, pendant l'époque Miocène, ce ne serait pas une raison de croire qu'il n'existe plus de leurs descendants; car, ainsi que nous l'avons déjà constaté, chaque île paraît avoir offert, pendant tout le temps de sa formation, une surface habitable aux êtres terrestres.

La multiplication rapide des chèvres laissées à l'état libre à Sainte-Hélène, celle de ces derniers animaux et des chiens à Juan-Fernandez, où ils furent introduits par les Espagnols, et celle enfin des lapins à Porto-Santo, provenant d'un seul couple qui y fut importé en 1418, prouvent combien de petites îles conviennent à la conservation des quadrupèdes sauvages, une fois que ces animaux ont pu gagner ces parages.

L'absence totale de Batraciens (grenouilles, crapauds et salamandres) a été signalée par M. Darwin comme un trait caractéristique des îles Océaniques; et cependant, dit-il, de tels animaux introduits à Madère, aux Açores et à l'île Maurice, s'y sont multipliés au point de devenir un fléau. Si leur frai était transporté par une rivière jusqu'à la mer, il serait immédiatement détruit par le contact de l'eau salée, comme l'a démontré l'expérience ; et, d'après l'observation de M. Darwin, il n'est pas de nature à se fixer aux pieds des oiseaux.

Un fort courant qui vient du nord et passe entre les archipels Atlantiques et le continent, peut avoir empêché les Mammifères et les Reptiles d'arriver même jusqu'aux îles Canaries, dont l'une, Fuertaventura, n'est actuellement qu'à 80 kilo-

mètres de l'Afrique, quoique probablement elle en ait été beaucoup plus éloignée lorsque le Sahara se trouvait encore sous les eaux. Le même courant a pu s'opposer aussi à la navigation des canots sur Madère, si isolée au milieu de l'océan, et dont les rivages n'ont vu, dit-on, aucun être humain avant l'année 1419. Aujourd'hui, Madère est habitée par une population de 80,000 âmes environ, et quand on considère la grande beauté et la fertilité de cette île, et qu'on songe qu'elle a toujours existé depuis l'époque Miocène, on ne cherche pas seulement à s'expliquer l'absence des animaux inférieurs qu'on y observe, mais on se demande aussi comment il se fait, la théorie des créations spéciales admise, qu'aucune race humaine n'ait été spécialement formée pour occuper un tel paradis.

Oiseaux. — De ce que les chauves-souris, pourvues d'ailes, forment une exception à la règle générale de l'absence des Mammifères dans les îles Océaniques, on devait s'attendre, pour la même raison, à ce que la race emplumée fût, de toutes les classes de Vertébrés, celle qui serait le plus complètement représentée dans cette région. C'est ce qui arrive, en effet; mais on observe, en outre, — circonstance bien plus importante, au point de vue de la théorie de transformation, — que presque tous les oiseaux des îles de l'Atlantique appartiennent à des espèces absolument identiques avec celles du continent le plus voisin. Ainsi, aux Canaries et à Madère, toutes les espèces, trois ou quatre exceptées, sont Européennes. A Madère, sur quatre-vingt-dix-neuf espèces, une seule est particulière à cette île et ressemble beaucoup à une forme d'Europe; les deux autres non Européennes sont communes aux Canaries. Dans les Açores, sur cinquante-une espèces on n'en trouve que deux de particulières, et celles-ci, un pinson et un bouvreuil, sont étroitement alliées aux oiseaux de l'Europe et de l'Afrique septentrionale (1).

(1) *Ibis*, vol. II, 1866. — Nouvelle série.

M. Du Cane Godman, déjà cité (p. 465), nous apprend que, chaque hiver, des vents violents transportent des oiseaux, à travers 1,600 kilomètres d'océan, de l'Angleterre aux Açores. Nous tenons du même observateur que les espèces sont très-nombreuses dans les îles les plus orientales, et que leur nombre diminue rapidement dans celles qui sont situées plus loin vers l'ouest, preuve que les voyageurs affamés et exténués de fatigue s'abattent sur la première terre qu'ils aperçoivent. Ce n'est que par cette arrivée fréquente de nouveaux émigrants qu'on peut expliquer l'identité spécifique de la faune insulaire avec la faune continentale, la tendance à la variation et à la divergence indéfinies se trouvant contrariée, comme nous l'avons montré, p. 409, par l'absorption des types insulaires dans les types continentaux, avec lesquels ils se croisent continuellement. On ne trouve pas d'oiseaux d'Amérique aux Açores, ce qui ne saurait s'expliquer complétement par la distance plus grande qui sépare ce continent de ces îles, car on ne connaît pas moins de soixante espèces vagabondes qui ont traversé l'Atlantique et atteint les Iles Britanniques. Le fait prouve simplement que de forts vents, soufflant sans discontinuité dans une même direction, sont indispensables pour que les oiseaux puissent aller coloniser des îles éloignées.

Les Bermudes, situées à 1,120 kilomètres des côtes de l'Amérique, sont remplies d'espèces qui appartiennent toutes à ce continent. Sur trois espèces égarées de l'Europe qu'y mentionne Baird, deux sont communes au Groënland et peuvent être venues du nord, Terre-Neuve leur ayant servi d'étape intermédiaire; quant à la troisième, notre alouette commune, qui ne visite que rarement et par hasard ces parages, elle est si souvent transportée dans les vaisseaux faisant voyage pour l'Amérique, qu'elle a bien pu s'échapper quelquefois d'une cage et s'abattre sur la première terre qui s'est offerte à sa vue.

Le nombre des jours pendant lesquels des oiseaux terrestres peuvent se passer de nourriture suffirait au delà pour leur permettre de voler de l'Europe ou même de l'Afrique jusqu'aux Açores. M. Bartlett m'informe qu'une perdrix expédiée du jardin zoologique de Londres en province, resta accidentellement pendant cinq jours enfermée dans une caisse, sans eau ni nourriture ; quand on la découvrit, elle était encore en vie, et ne tarda pas, après avoir mangé, à reprendre sa vigueur ordinaire.

La faune ornithologique de l'archipel volcanique des Galapagos contraste sous certains rapports avec celle des îles Océaniques ; car, bien que la distance de cet archipel au continent le plus voisin soit à peine supérieure à la moitié de celle qui sépare les Açores de l'Europe, les quatre cinquièmes de ses oiseaux terrestres sont des espèces que l'on ne trouve nulle part ailleurs dans le monde. Sur vingt-six espèces, toutes, à l'exception de trois ou quatre, sont particulières à ces îles, en même temps que, prises dans leur ensemble, elles se rapportent à des types de l'Amérique du Sud. Circonstance bien plus digne de remarque, c'est que plusieurs de ces oiseaux terrestres sont particuliers à une seule île du groupe (1). On explique ce fait en supposant que des vents continuels ont rarement soufflé de l'Amérique du Sud aux Galapagos depuis que ces îles ont commencé de dresser leur tête au-dessus des vagues et que, pour cette raison, des oiseaux vagabonds ne sont arrivés que par longs intervalles, tantôt dans l'une et tantôt dans l'autre de ces îles. Une fois établis, ces oiseaux sont restés isolés, ne communiquant ni avec leurs progéniteurs du continent Américain Méridional, ni avec les colons de la même souche qui avaient été transportés dans les autres parties de l'archipel. A ce sujet M. Godman remarque que, pendant qu'aux Açores les vents soufflent constamment de tous les

(1) *Origine des espèces*, trad. franç., 3e édit., p. 487.

points de l'horizon, de manière à transporter dans le cours des tempêtes des oiseaux terrestres d'une ile à une autre, les Galapagos sont à l'abri de pareils ouragans et jouissent ordinairement de calmes non interrompus. Le même auteur ajoute, qu'en regard des courants marins qui, aux Açores, coulent dans diverses directions, les courants des Galapagos sont rapides et se précipitent toujours dans la même direction. Quant aux palmipèdes ou échassiers des Galapagos, M. Darwin a reconnu que sur onze espèces, toutes, à l'exception de deux, consistent en espèces communes au continent le plus voisin (1). Ce fait concorde parfaitement avec la distribution très-étendue de cet ordre d'oiseaux dans toutes les parties du monde, ainsi qu'avec leurs habitudes de migration. La parenté de ces oiseaux des iles de l'Atlantique avec ceux de l'Europe et de l'Afrique septentrionale est à peu près la même que celle que l'on observe ordinairement dans les espèces qui habitent une terre ferme continue. Dans certains cas, quelques types particuliers et exceptionnels ont pu se produire par Variation et par Sélection Naturelle chez ces oiseaux, depuis leur première arrivée, et quelques-uns d'entre eux sont peut-être les descendants d'espèces ou de genres Miocènes qui se trouvent éteints dans la mère contrée continentale.

Insectes. — Les insectes de Madère, des iles Sauvages et des Canaries offrent, comme les oiseaux, une grande proportion d'espèces indigènes et un grand nombre de genres particuliers aux iles Océaniques, qui se trouvent représentés dans chaque archipel séparé par des espèces distinctes. M. T. V. Wollaston, dans son ouvrage intitulé *Coleoptera Atlantidum*, a décrit jusqu'à 1,449 espèces de Coléoptères, appartenant aux trois groupes d'iles ci-dessus mentionnées. Presque tous ces insectes ont été recueillis par l'auteur lui-même ; et, sur le nombre total, plus de 1,000 individus appartiennent à

(1) Darwin, *Origine des espèces*, trad. française, p. 467.

des espèces qui n'ont été vues jusqu'ici dans aucune autre région, mais dont on parviendra plus tard, sans aucun doute, à découvrir le plus grand nombre sur les côtes qui bordent la Méditerranée. Le caractère distinct de la faune des divers archipels est démontré par ce fait que, sur 1,007 espèces obtenues des Canaries, et sur 661 recueillies à Madère, 238 seulement sont communes aux deux groupes d'îles. On suppose même que le plus grand nombre de ces dernières a été introduit par l'homme dans ces contrées, et il est tout à fait certain que 38 espèces y ont été importées ainsi à des époques tout à fait modernes.

Chaque île à peu près, prise individuellement, ajoute quelque espèce distincte ou quelque variété marquée à la liste générale, et une moitié des 24 espèces trouvées sur les rochers les Sauvages, dont nous avons parlé, est autochtone ; elles appartiennent pour la plupart à ces formes qui sont connues sous le nom de types Atlantiques. « Si l'on retranche, dit Wollaston, les coléoptères qui ont été probablement naturalisés par l'action de l'homme, il ne reste plus qu'un très-petit nombre d'espèces qui pénètrent dans toutes les parties de l'archipel, bien que les genres, à de rares exceptions près, soient communs à toutes les îles du groupe. » Parmi les formes principales, on remarque les charançons, ou *Curculionidæ*, qui ont la prédominance, et dont certaines familles se rapportent à des types essentiellement Atlantiques. Non moins de 50 espèces et variétés vivent exclusivement sur les Euphorbes qui sont si abondantes et si variées dans les Canaries. Quelques plantes fossiles du genre *Euphorbia* se rencontrent, en Europe, dans les couches Miocènes d'Œningen, et il se pourrait bien que la souche parente de ces plantes et des *Curculionidæ* Atlantiques provînt de l'ancien continent Miocène. Les recherches de Heer et d'autres naturalistes ont prouvé que la faune des Coléoptères Miocènes de l'Europe centrale était actuellement plus riche que celle qui vit aujourd'hui sous les mêmes

latitudes (1) ; de sorte qu'on a tout lieu de supposer que les divers modes de transport déjà cités (p. 484), à l'aide desquels les insectes sont souvent portés au delà des mers, ont pu servir également à introduire dans les îles Océaniques quelques progéniteurs de la faune insulaire actuelle.

La faculté de traverser la mer, comparativement moindre chez les insectes que chez les oiseaux, fournit probablement l'explication vraie de la différence marquée que l'on observe dans la parenté des deux faunes avec celle de la contrée mère continentale ; elle explique aussi le nombre relativement petit des insectes qui sont communs aux différentes îles du même groupe. A mesure que l'échange réciproque des espèces deviendra un événement plus rare, la Variation et la Sélection Naturelle se montreront plus efficaces pour former des races distinctes dans les îles séparées.

Un examen récent des coléoptères recueillis aux Açores par M. Godman, et décrits par M. Crotch (2), démontre que cet archipel présente les mêmes phénomènes que les Canaries et Madère, bien que la proportion des types Atlantiques y soit moindre, et que les formes actuelles d'Europe y soient beaucoup plus prédominantes.

Plantes. — Le Dr Hooker, dans son admirable *Essai sur les Faunes Insulaires* (3), remarque qu'à Madère, indépendamment des nombreuses plantes cultivées qui y ont été introduites par l'homme, et des pavots, des fumeterres, des seneçons et autres mauvaises herbes qu'il y a involontairement transportées, il existe d'autres variétés natives d'espèces Européennes, et quelquefois des genres représentant ces espèces, qui indiquent des relations avec le continent les plus voisin. Il observe aussi que tandis qu'on trouve, à la hauteur de 600 mètres et au-dessus, sur les montagnes de la Grande-

(1) Voir les *Éléments de géologie* de Lyell, t. I, p. 509.
(2) *Coléoptères des Açores*, *Zool. proc.*, 1867, part. II, p. 359.
(3) *Lecture a l'Association Britannique*, Nottingham, 1866. *Gardener's Chronicle*, 1867.

Bretagne ou du continent Européen, des espèces propres à des latitudes plus septentrionales, et différentes de celles qui vivent à des niveaux inférieurs, on ne rencontre à Madère aucune de ces formes boréales, pas plus à la hauteur de 1,200 mètres qu'à celle de 1,800 mètres. Les espèces deviennent de plus en plus rares à mesure que l'on monte, mais elles continuent d'être identiques à celles qui croissent à des hauteurs inférieures. En supposant que la théorie de l'extension continentale eût été vraie, on aurait pu s'attendre à ce que les îles Océaniques eussent emprunté la flore de leurs hautes terres à des latitudes plus élevées pendant la période Glaciaire.

Tout botaniste qui n'aurait aucune connaissance des plantes qui vivaient sur le continent d'Europe, aux temps Miocènes, alors que les volcans commençaient leurs éruptions aux Canaries, à Madère et aux Açores, serait dans un grand embarras, s'il se trouvait, dans ces archipels, en présence de ces types Atlantiques, tels que Clethra et Persea, dont les représentants vivants n'existent dans aucune partie du monde plus voisine que l'Amérique du Nord. Ce fait pourrait passer pour une violation de la loi générale, suivant laquelle les productions organiques des îles montrent la plus grande ressemblance avec celles du continent le plus voisin, si, fort heureusement, les travaux de Unger, Heer et Göppert sur la botanique fossile des couches tertiaires ne nous avaient prouvé qu'à l'époque où les volcans Atlantiques commençaient à dresser leurs crêtes au-dessus des vagues, l'Europe était couverte d'une végétation excessivement luxuriante.

On a découvert dans les strates de la seule localité d'Œningen, en Suisse, jusqu'à 900 espèces de ces plantes fossiles (1). Le trait le plus remarquable de cette ancienne flore, dit Heer, c'est que le plus grand nombre des genres de ces plantes sont

(1) Pour une courte esquisse de la faune et de la flore Miocènes, voir les *Éléments* de Lyell, 6e édit., chap. xv.

actuellement propres à l'Amérique, tandis que celles qui ont des affinités Européennes n'occupent que le second rang, celles de l'Asie le troisième, celles de l'Afrique le quatrième et celles de l'Australie le cinquième. Parmi les formes prépondérantes d'Amérique, on distingue Clethra et Persea, déjà citées, dont les genres sont communs à Madère, aux Canaries et aux Açores. Considérées comme des reliquats d'une flore Miocène, ces formes sont précisément celles auxquelles on devait s'attendre comme provenant d'un continent Miocène adjacent. Une autre plante, d'une forme singulièrement étrange, et que l'on peut regarder comme le dernier survivant d'un type Miocène, c'est la *Monizia edulis*, dont le genre n'a aujourd'hui aucun autre représentant dans le monde. Cet arbuste remarquable est une plante ombellifère, dont la tige ressemblant à la trompe renversée d'un éléphant est couronnée d'une grosse touffe de feuillage semblable à celui du persil. On peut en voir actuellement (1867) un très-beau spécimen vivant dans le jardin botanique de Kew. Il est particulier à l'une des îles rocheuses du groupe des îles Désertes (1), où il doit probablement sa conservation aux conditions exceptionnelles dont il a joui sur ce point, se trouvant en dehors de toute communication avec les autres îles, dans lesquelles il a été donné à de nouveaux colons, tant du règne animal que du règne végétal, de pénétrer plus librement.

Le Dr Hooker nous rappelle que l'extinction d'un si grand nombre d'espèces et des quelques genres qui prospéraient, en Europe, pendant la période Miocène, se trouve complétement expliquée par le changement considérable de climat qu'ont éprouvé les latitudes tempérées de l'hémisphère septentrional aux époques Pliocène et Glaciaire. Les anciennes espèces sous-tropicales, qui ont été longtemps florissantes dans l'Europe centrale et dans les régions côtières de la Méditerranée, ont cédé

(1) Voir la carte, fig. 137, p. 518.

la place à une flore plus méridionale ; mais la plupart des plantes et un assez grand nombre des insectes, qui ont été détruits sur le continent, ont pu très-bien survivre dans les îles Océaniques dont la température était plus douce et plus égale. C'est probablement à cette source qu'il faut rapporter ces *types Atlantiques* particuliers, dont nous avons déjà parlé, comme envahissant tous les archipels. Le docteur Hooker nous apprend que des graines de l'*Entada* des Indes Occidentales, plante grimpante ressemblant à la fève, flottèrent jusqu'aux Açores, emportées par le Gulf-Stream sur une distance de 4,800 kilomètres ; et qu'après une aussi longue immersion dans l'eau salée, ces graines, qui d'ailleurs peuvent supporter le climat des Açores, germèrent dans le Jardin de Kew. Ce fait nous enseigne avec quelle facilité les graines de la période Miocène ont pu être transportées, inaltérées, par des courants, depuis la région Méditerranéenne jusqu'à l'une quelconque des îles Atlantiques, aucune de ses îles ne se trouvant aussi éloignée de l'Europe que les Açores le sont des Antilles. Mais c'est probablement bien plus aux oiseaux qu'aux courants marins que ces îles doivent la végétation dont elles sont actuellement revêtues. Nous avons déjà vu (p. 503) comment la plupart des graines, après avoir été avalées par les oiseaux et rejetées dans leurs excréments, germent sans difficulté ; il est donc bien évident que si ces graines ont été transportées par un oiseau terrestre dans une île volcanique nouvelle, elles n'ont pas tardé à couvrir de leur végétation le sol inoccupé, jusqu'à ce que d'autres espèces, introduites par un semblable mode de transport, soient venues disputer leur monopole aux premiers occupants.

Il n'est pas facile d'avoir une idée de tous les divers modes de transport dont la nature a pu se servir dans le peuplement de quelques îles Océaniques. Il se peut même que les icebergs aient contribué, pour leur part, à transporter des plantes jusqu'aux Açores, pendant la période Glaciaire, car on les voit

souvent encore, ainsi que nous l'avons constaté (vol. 1, p. 322), flotter sous des latitudes situées plus au sud que cet archipel. M. Hartung a trouvé aux Açores des fragments de roches qu'il regarde comme étant des erratiques ou roches transportées par la glace. En vérité, quand on considère tous les changements opérés dans le climat, dans la direction des vents et des courants, et dans les espèces des oiseaux, pendant le laps des millions d'années qui se sont écoulées depuis l'époque Miocène, sans compter les incessantes transformations subies par les îles volcaniques elles-mêmes, on doit remarquer que la colonisation de la plupart des archipels est le résultat d'une telle complication de causes et de conditions, que la distribution des espèces n'offre pas des caractères plus anomaux ou plus capricieux qu'on pouvait raisonnablement le prévoir. Si l'on trouve une plante ou un animal propre à une seule île, on peut supposer que cet organisme, venu d'abord par hasard d'un continent voisin, n'a jamais eu la faculté de se propager jusqu'à une autre île, ou qu'il a occupé un espace plus étendu, jusqu'au moment où il a été dépossédé de ses premières stations, soit par de nouveaux envahisseurs, soit par des éruptions volcaniques ; on peut admettre enfin que la souche parente prospère encore dans l'une des îles ou dans l'un des archipels, mais que ses descendants ont continué de diverger du type originel, jusqu'à ce que, après une suite de millions de générations, la somme des différences ait acquis une valeur générique. Lorsqu'on dit que les types Atlantiques, plantes ou animaux, sont communs aux Açores, à Madère et aux Canaries, on n'entend parler que des genres, car les espèces sont presque toujours distinctes dans chaque archipel.

M. Darwin a dit dans son *Origine des espèces* (1) que nous ignorons probablement encore un grand nombre des moyens que l'on découvrira un jour, à l'aide desquels s'effectue la mi-

(1) Chap. XI, 2e édit., p. 439. 1866.

gration transocéanique; et ses prévisions se sont singulièrement vérifiées, même depuis l'apparition de la dernière édition de son remarquable ouvrage. Cet auteur ayant entendu parler de plusieurs plantes nouvelles que l'on avait vu pousser dans les districts de l'Afrique septentrionale, envahis par les sauterelles, se procura par un de ses correspondants, M. Weale, résidant au Natal, un petit paquet d'excréments secs de sauterelles, dont le poids était d'environ 15 grammes. Il retira, du milieu de plusieurs pelotes, des graines, dont il prit quelques-unes pour en déterminer la vraie nature par la dissection, et en sema un certain nombre d'autres; celles-ci germèrent, et lui donnèrent ensuite jusqu'à sept individus appartenant à deux sortes au moins de plantes herbacées. Une sauterelle de l'espèce voyageuse, poussée par le vent de la côte Africaine fut, une fois, prise par M. Darwin lui-même, en pleine mer, à une distance de 592 kilomètres du continent le plus voisin, c'est-à-dire à une distance un peu plus grande que celle qui sépare Madère de l'Afrique. Le même naturaliste observa en 1867 de la vase qui adhérait fortement au pied d'un coq de bruyère, et dont le poids, lorsqu'elle fut desséchée, était de 0gr 576. Il en retira la graine du *Juncus Euphonicus*, qui germa parfaitement. Ce fait jette une grande lumière sur la colonisation des nouvelles iles par les plantes; car, de tous les ordres d'oiseaux, y compris même les échassiers, il n'en est pas de plus voyageurs que les coqs de bruyère, pour lesquels il n'est presque pas d'île si reculée qu'ils ne finissent par atteindre.

Quand on compare la flore de l'un quelconque des archipels Atlantiques, celui de Madère, par exemple, avec celle des Iles Britanniques, la différence que l'on remarque dans le nombre des espèces indigènes et dans la proportion des plantes communes au continent le plus voisin est vraiment étonnante. Sur toute l'étendue de la Grande-Bretagne, on ne trouve, sur 1,500 espèces, qu'une seule plante particulière de

la classe des phanérogames ; c'est une orchidée, connue sous le nom de *Spiranthes gemmipora.* A Madère, on compte des centaines d'espèces indigènes, bien que la flore entière n'y soit pas moitié aussi nombreuse que celle des Iles Britanniques. D'un autre côté, les plantes d'Angleterre appartiennent toutes à des espèces communes au continent d'Europe, à l'exception de deux qui sont, le *Spiranthes* ci-dessus mentionné, et une plante aquatique de l'Amérique du Nord, l'*Eriocaulon septangulare.*

Coquilles terrestres. — J'ai réservé pour la fin mes observations sur les coquilles terrestres, parce que la distribution géographique de ces animaux est dans les iles Océaniques plus singulière et plus instructive que celle d'aucune autre classe d'êtres organisés. Dans l'archipel de Madère surtout, ainsi que l'a depuis longtemps signalé le Rév. R. T. Lowe, chaque ile possède ses espèces distinctes, et la flore dans son ensemble diffère presque entièrement de celle de chaque autre archipel, aussi bien que de celles de l'Europe et de l'Afrique. De plus, quand on considère ces mollusques à respiration aérienne, on trouve que le contraste entre les iles Océaniques et les Iles Britanniques est arrivé à son apogée ; car il n'est pas une ile, parmi celles qui composent la Grande-Bretagne, qui soit caractérisée par des espèces particulières, et les faunes insulaires de cette région sont parfaitement identiques à celles des continents adjacents.

En 1834, M. Lowe a décrit, comme provenant de l'archipel de Madère, 71 espèces de coquilles terrestres des genres *Helis*, *Bulimus*, *Achatina*, etc., dont 44 étaient nouvelles. Il constata alors que fort peu de ces espèces se retrouvent aux Canaries, et, circonstance bien plus étonnante, que deux seulement sont communes aux iles de Madère et de Porto-Santo, qui ne sont séparées l'une de l'autre que par un bras de mer de 48 kilomètres de large. Depuis la publication de ce mémoire, les recherches ultérieures de l'auteur, jointes à celles

de M. Wollaston et de plusieurs autres, ont augmenté la liste des espèces, et nous apprennent que quelques-unes de celles qui étaient déjà connues ont une distribution plus étendue qu'on ne l'avait d'abord supposé. Mais, quoi qu'il en soit, ces connaissances, ajoutées à celles que nous possédions déjà, ne changent en rien les conclusions générales que nous avions posées en 1834 ; bien plus, elles servent à les rendre plus frappantes. L'enseignement dérivé de l'étude de cette faune se trouve considérablement accru par la découverte que l'on a faite, tant à Madère qu'à Porto-Santo, de grands assemblages de coquilles fossiles qui nous révèlent l'état de cette partie de la création animale pendant la période du Nouveau Pliocène. Parmi ces espèces fossiles, quelques-unes sont éteintes, mais la plupart sont identiques à celles qui habitent respectivement aujourd'hui Madère et Porto-Santo ; d'où il suit que les deux anciens groupes de coquilles sont aussi dissemblables que le sont les deux groupes récents, et, qu'à l'époque du Nouveau Pliocène, les deux îles ont dû être séparées comme elles le sont actuellement. Il est aussi évident qu'à cette période aucune autre île n'était rattachée au continent de l'Europe, car les espèces fossiles ne sont nullement des espèces Européennes, et l'absence de ces dernières dans ces îles confirme l'opinion générale des naturalistes que presque toutes les espèces qui vivent actuellement dans cet archipel et qui sont communes au continent, ont été introduites par l'homme depuis le commencement du xve siècle. Pendant mon court séjour à Madère, on trouva dans la terre d'un seul pot à fleurs qui avait servi à transporter de Lisbonne une plante de jardin, jusqu'à trois espèces d'Hélices Portugaises, qui nous montrèrent comment un horticulteur peut contribuer involontairement à altérer la pureté de la faune native. On a découvert dans les jardins de Funchal la plupart des coquilles Européennes, qui, de cette principale ville comme d'un centre, ont rayonné jusqu'à des distances plus ou moins grandes.

Lors de ma visite, en 1854, les espèces vivantes, reconnues propres à Madère, les intruses récentes exceptées, s'élevaient à 56 dans cette ile, et à 42 à Porto-Santo ; sur le nombre total 12 seulement étaient communes aux deux iles ; et, fait assez significatif, sur ces 12 même, quelques-unes étaient représentées dans les deux iles par des variétés distinctes. Dans le fait, la discordance est moins sensible entre deux des six grandes provinces zoologiques déjà décrites, qu'elle ne l'est entre deux iles de la même province, situées en vue l'une de l'autre. Si l'on se rapporte donc aux groupes fossiles, on trouve 36 espèces à Madère et 35 à Porto-Santo, dont 8 sont communes aux deux iles, et 5 sur ces 8 sont représentées par des variétés distinctes dans chaque ile respective. On devait s'attendre à ce que, dans l'ile de Porto-Santo, bien moins cultivée que Madère, et qui n'a qu'une faible population humaine, les espèces fossiles et les espèces actuelles concordassent beaucoup plus entre elles qu'elles ne le font à Madère ; c'est ce qui a lieu, en effet, et cette circonstance nous engage à rejeter comme récemment intruses ou interlopes ces coquilles qui vivent actuellement à Madère et qui manquent dans le groupe fossile de cette ile. Ces fossiles que l'on rencontre à Caniçal, près de l'extrémité orientale de Madère (1), y sont enfouis, en nombre prodigieux, dans un dépôt superficiel de sable calcaire et de limon. Parmi les plus communs, on distingue une espèce remarquable, d'une forme inaccoutumée, que l'on nomme *Helix Delphinula*, à cause de sa ressemblance avec le genre marin *Delphinula*, et qui a complétement disparu des iles de l'Atlantique. Une autre coquille, plus petite, mais très-caractéristique, *Helix tiarella*, doit avoir été très-abondante pendant la période du Nouveau Pliocène, mais elle est devenue actuellement si rare qu'on l'a supposée éteinte jusqu'en 1855, époque à laquelle M. Wollaston en découvrit quelques individus sur-

(1) Voir la carte, fig. 137, p. 518.

vivants à une grande hauteur, sur des rochers escarpés et presque inaccessibles de l'intérieur de Madère. Deux espèces d'Achatina et deux de Pupa, se trouvent aussi à Caniçal à l'état fossile; on les croyait disparues de la création vivante, mais elles sont si petites, qu'il se peut très-bien qu'elles aient passé inaperçues, quoique, si elles existent, elles aient dû devenir excessivement rares.

Dans le sable coquillier de Porto-Santo, une coquille remarquable, *Helix Lowei*, est très-abondante. Elle est d'une grosseur telle qu'il lui eût été difficile d'échapper à l'œil des explorateurs, si elle existait encore dans l'une des îles principales; toutefois, on a récemment découvert quelques individus de cette espèce sur le rocher connu sous le nom de Ilheo di Cima, à la hauteur de Porto-Santo (1). Quelques conchyliologistes regardent l'*Helix Lowei*, comme une variété gigantesque de l'*H. Porto Sanctana* vivant, que l'on rencontre aussi, à l'état fossile, dans les mêmes sables. Si cette opinion est exacte, ce ne serait pas le seul exemple qu'offrirait la faune de cet archipel de différentes races dont les mêmes se trouvent à la fois à l'état fossile et à l'état récent, avec absence, dans les deux cas, de toutes variétés intermédiaires. Il se peut que des deux formes, l'une représente la souche parente, et l'autre le type extrême de divergence. Or, suivant la théorie de Sélection Naturelle, toutes les formes transitionnelles entre les deux types extrêmes ont dû exister jadis, mais elles ont pu s'éteindre, faute de conditions favorables, ou s'absorber dans celui des deux extrêmes à qui il a été donné de se maintenir le dernier, conformément au principe déjà cité (p. 409), d'après lequel les espèces, tant végétales qu'animales, se conservent plus facilement dans une étendue limitée lorsqu'elles se rapportent à plusieurs genres différents, que lorsqu'elles appartiennent toutes à un seul. Cependant, on rencontre, dans l'archipel de

(1) Voir la carte, fig. 137, p. 518.

Madère, quelques espèces polymorphes, telles que *Hélix polymorpha*, dans lesquelles les liens transitionnels entre les formes extrêmes ne manquent pas, et qui nous rappellent les variétés des roses et des ronces d'Angleterre ; mais de pareils cas font exception à la règle, pour des raisons qui seront expliquées dans le chapitre suivant.

A propos de l'*Helix tiarella* que l'on trouve à Madère, j'observerai qu'un représentant allié de la même forme particulière, l'*H. coronata*, abonde, à l'état fossile, à Porto-Santo, et vit encore aujourd'hui dans cette île, où pourtant il est rare. Une troisième espèce étroitement alliée à la précédente, *H. coronula* a été trouvée pour la première fois à l'état fossile à Bugio, l'une des îles Désertes, et subsiste encore probablement sur quelque point de ces roches inaccessibles, car on en a découvert dernièrement quelques individus vivants sur la côte la plus voisine de Madère. Cette découverte fournit l'exemple d'une petite île qui a cédé l'une de ses espèces indigènes à Madère, parce que l'absence de cette coquille parmi les fossiles de Caniçal semble prouver que si elle est parvenue à s'acclimater à Madère même, ce n'est que depuis une époque tout à fait récente. Ces trois formes distinctes, bien que parentes, d'une division particulière des hélices qui appartiennent à Madère, à Porto-Santo et aux îles Désertes, nous rappellent les espèces représentant certains genres que l'on trouve en Asie, en Europe et en Amérique.

Relativement aux îles Désertes dont j'ai déjà parlé, j'ajouterai qu'on y rencontre 19 espèces de coquilles terrestres, parmi lesquelles 12, ou les deux tiers environ du nombre total, sont communes à Madère et 5 seulement à Porto-Santo. On devait s'attendre à une affinité plus grande de cette faune avec celle de Madère, non-seulement en raison de la proximité des deux régions, mais aussi parce que Madère et les îles Désertes sont situées, ainsi qu'on le verra sur notre carte, sur la même ligne de sondage de 100 brasses, et que le canal qui les sé-

pare a pu être jadis plus étroit, bien qu'il n'y ait pas lieu de croire que la terre ferme y ait jamais été continue, ou même que les iles de Cháo, Grande-Déserte et Bugio se soient trouvées jamais réunies, car chacun de ces rochers possède en propre quelques espèces et quelques variétés de coquilles. Fait remarquable, en ce qu'il montre l'étendue limitée des espèces, quand on considère l'ensemble de l'archipel, c'est qu'on ne connait que deux espèces de coquilles terrestres qui soient communes aux trois faunes de Madère, des iles Désertes et de Porto-Santo.

Les fossiles de Madère et de Porto-Santo sont d'une ancienneté incontestable, bien qu'ils soient plus modernes que les dernières coulées de lave ; car, sans parler du temps qu'il a fallu pour détruire plusieurs espèces et diminuer considérablement le nombre relatif de certaines autres, on a les preuves de changements géographiques locaux qui ont eu lieu dans ces régions à une époque postérieure. Depuis l'accumulation du sable volcanique et du limon, les falaises marines y ont été profondément minées, soit dans le promontoire étroit où est situé Caniçal, soit sur la côte septentrionale de Porto-Santo. Quelques parties de la formation coquillière de ces deux dernières iles consistent en dunes sablonneuses qui ont été brusquement taillées en précipices verticaux, et qui durent jadis s'étendre bien plus loin dans la direction de la mer. Évidemment l'ile entière de Porto-Santo a beaucoup souffert de la dénudation, et quelques rochers, indiqués dans notre carte par les lettres *a b* (fig. 137), dont l'un, appelé le Faucon, n'est actuellement couvert que de 7m80 d'eau, et l'autre, le Styx, de 21m60, marquent peut-être l'emplacement de cônes volcaniques isolés qui s'élevaient anciennement au-dessus du niveau de la mer. Mais que tout l'espace limité par la ligne de 100 brasses (1) ait jamais été une terre continue, c'est ce qu'il n'est

(1) Voir la carte, fig. 137, p. 518.

absolument impossible de concevoir ; une telle extension aurait donné à l'île de Porto-Santo une aire quintuple de celle qu'elle a aujourd'hui. Les espèces éteintes comparées aux espèces vivantes, à Madère et à Porto-Santo, sont dans la proportion d'environ 8 pour cent, que diminuera peut-être un peu la découverte future de quelques petites espèces ; mais la discordance réelle entre la faune ancienne et la faune moderne ne disparaitra jamais, car elle est même plus forte que celle que nous venons d'exprimer par des chiffres, quelques espèces jadis très-prépondérantes se trouvant aujourd'hui très-faiblement représentées, et quelques races et espèces fossiles s'étant complétement éteintes.

Les coquilles terrestres des Canaries, après avoir retranché celles qui ont été probablement introduites par l'homme, se montrent très-distinctes de celles de Madère. Aux Canaries, les différentes îles ont plus d'espèces en commun que dans le groupe de Madère, et cette fusion peut être en partie attribuée à l'époque reculée et inconnue à laquelle les habitants aborigènes, les Guanchos, s'établirent dans cet archipel.

Contraste de la faune testacée des îles Britanniques avec celle des îles de l'océan Atlantique. — Je reviens maintenant au contraste extraordinaire que présente la distribution des coquilles terrestres dans les îles océaniques et dans celles de la Grande-Bretagne. Si l'on trace des Açores une ligne courbe qui, passant par Madère, vienne aboutir aux Canaries, sa longueur sera d'environ 1,200 kilomètres, et elle sera égale à celle qui, partant des îles Schetland, traverserait l'Écosse et l'Angleterre pour finir aux Sorlingues. L'archipel Britannique comprend plus de deux cents îles, en comptant les Schetland, les Orcades, les Hébrides et plusieurs autres. Dans toutes ces îles, les coquilles terrestres sont les mêmes, tandis que dans les archipels de l'Atlantique, le conchyliologiste trouve des espèces ou des variétés particulières, non-seulement sur les îles principales ou habitées, mais presque

sur tous les rochers déserts qui se trouvent à la hauteur des côtes. Dans la région Britannique, il semblerait à première vue que les mollusques terrestres n'ont jamais éprouvé la moindre difficulté à traverser la mer, tandis que dans les archipels océaniques les bras de mer les plus étroits ont été pour eux, dans la plupart des cas, des barrières infranchissables. Quoique les Sorlingues soient aussi éloignées des Cornouailles que Madère l'est de Porto-Santo, le conchyliologiste n'obtient dans ces îles ni espèces distinctes, ni même aucunes races tranchées, tandis qu'en passant de Madère à Porto-Santo, il trouve même parmi les coquilles qui sont communes aux deux côtés du canal, les quatre cinquièmes des espèces qui sont différentes, sans compter quelques races particulières. On peut dire, sans aucun doute, que les parties méridionales de l'Angleterre présentent une faune bien plus riche, et qu'elles contiennent certaines espèces (huit environ) qui ne dépassent pas au nord le Comté d'York. Ces huit espèces sont: *Helix pomatia*, *H. cartusiana*, *H. revelata*, *H. Pisana*, *H. obvoluta*, *Bulimus montanus*, *Clausilia Rodolphi* et *C. biplicata*. Il est plus difficile de nommer les espèces qui sont particulières au nord, car le *Vertigo alpestris* est peut-être l'exemple unique à citer (1).

Comment expliquer alors, par une et même loi de distribution, les phénomènes, en apparence irréguliers, que l'on observe dans les deux régions que nous venons de comparer? Quelques zoologistes, frappés du nombre inaccoutumé d'espèces endémiques et de variétés marquées que l'on rencontre dans les îles océaniques, ont supposé que les mollusques terrestres doivent être plus variables que les autres classes du règne animal. Mais cette idée est complétement inadmissible, car nous n'avons besoin de recourir qu'aux faunes fossiles de Madère et de Porto-Santo, déjà citées, pour prouver la constance et la

(1) Voy. M. J. Gwin Jeffreys, *British Conchology*, 1866-67.

stabilité remarquables de forme qu'ont gardées les genres *Helix*, *Pupa*, *Achatena* et *Clausilia*, depuis l'époque du Nouveau Pliocène jusqu'à nos jours. Pour résoudre l'énigme, il faut avoir recours à l'énorme différence dans la durée des temps qui se sont écoulés pendant que les Iles Britanniques sont restées séparées les unes des autres et du continent le plus voisin, et de ceux pendant lesquels les îles des archipels océaniques ont été dans les mêmes conditions. Dans un cas, nous avons affaire à des milliers d'années, et dans l'autre, à des millions (1). Dans le premier cas, une communication terrestre a partout relié l'une à l'autre chaque partie de l'archipel depuis le commencement de la période Glaciaire, alors que les espèces des testacés marins et terrestres étaient généralement identiques à celles de nos jours ; dans le second, il n'y a pas eu de terre ferme continue entre les divers groupes depuis l'époque Miocène, alors que la faune et la flore du globe entier n'offraient qu'une faible ressemblance avec la faune et la flore actuelles. Notre carte (p. 520) montre que, lors même que le lit de l'océan Atlantique se fût généralement soulevé de 100 brasses, toutes les îles et tous les archipels principaux seraient restés séparés comme ils le sont aujourd'hui, tandis qu'on sait parfaitement qu'un semblable mouvement de bas en haut aurait uni chacune des deux cents îles Britanniques l'une à l'autre et au continent. Au reste, pour opérer le même résultat dans presque toutes ces dernières îles, il eût suffi d'un changement de niveau de moins de 120 mètres (2). Or, il est démontré par des preuves purement géologiques que des mouvements considérables d'oscillation ont eu lieu dans la région Britannique depuis la période Glaciaire, tandis qu'on ne retrouve aucun indice de mouvements généraux d'une égale importance dans la région Atlantique, où l'on ne rencontre çà et là que quelque preuve d'un exhaussement partiel.

(1) Voir vol. I, p. 394.
(2) Voir la carte, fig. 41. — *Antiquity of Man*, par l'auteur, p. 279.

J'ai déjà fait remarquer que si Porto-Santo avait été reliée avec l'île proprement dite de Madère, les deux faunes fossiles se seraient confondues, au lieu de se montrer aussi différentes que le sont les coquilles indigènes vivantes des deux îles. Dans la Grande-Bretagne, nous avons aussi une faune fossile de coquilles terrestres que l'on trouve, dans l'ancien terrain de transport, associées à des ossements de mammouth et d'autres mammifères éteints; et cette circonstance nous permet de comparer d'un peu plus loin les archipels océaniques avec ceux de la Grande-Bretagne. Nous reconnaissons dans les fossiles Britanniques une uniformité, ainsi qu'une distribution étendue des espèces, semblable à celle que l'on observe dans la faune récente ou actuelle. Le terrain de transport Post-Pliocène de Copford, dans l'Essex, a donné à feu M. John Brown jusqu'à quarante-huit espèces de coquilles terrestres fossiles, dont toutes, à l'exception de deux Hélices qui subsistent encore sur le continent, appartiennent à des espèces vivantes des îles Britanniques. Mais, en admettant que l'Angleterre ait été submergée de quelques dizaines de mètres et divisée en îles, même depuis la période Glaciaire, on devait s'attendre à ce que les coquilles associées, dans divers comtés, aux quadrupèdes éteints, montrassent quelques discordances frappantes sous le rapport des espèces et des variétés. Cependant il n'existe rien de pareil; car, si l'on compare, par exemple, les coquilles terrestres du terrain de transport du Wiltshire, près de Salisbury, contemporain du Mammouth, avec celles de l'Essex déjà mentionnées, les deux localités, deux fois aussi éloignées l'une de l'autre que le sont Madère et Porto-Santo, ne montrent pas la plus légère différence relativement aux espèces de coquilles terrestres. On peut conclure de ce fait que la région Britannique, quoique ayant été submergée en partie depuis le commencement de la période Glaciaire, n'a rien perdu, pendant ce temps, de l'état normal d'un continent.

Mode suivant lequel une île océanique pourrait se

peupler de coquilles terrestres. — En voyant combien Madère et Porto-Santo ont peu réussi à échanger leurs espèces de coquilles terrestres pendant le cours de ce nombre considérable de siècles qui se sont écoulés depuis la période du Nouveau Pliocène, le lecteur se demandera peut-être comment il se fait qu'aucun des archipels océaniques n'ait jamais été peuplé par des espèces émigrant de l'Europe ou de l'Afrique? La question est certainement embarrassante, car on ne doit admettre qu'à titre d'événement excessivement rare, l'arrivée de coquilles terrestres venues, à l'état d'épaves, ou par l'effet du hasard, d'un continent. On a supposé que des oiseaux transportent à travers la mer les œufs de ces mollusques dans les parcelles terreuses qui adhèrent à leurs pieds. Mais alors, pourquoi les oiseaux qui traversent si facilement au vol le canal qui sépare, de 48 kilomètres seulement, Madère de Porto-Santo, ont-ils laissé subsister la différence si grande qui existe entre les faunes de ces deux îles? Pourquoi, encore, ces oiseaux qui émigrent chaque année du continent dans les îles océaniques, n'introduisent-ils qu'un si petit nombre de coquilles terrestres? Jusqu'à présent, le naturaliste n'a vu quelque Hélice nouvelle arriver du continent dans une île éloignée de l'Atlantique que par le secours de l'homme, et c'est là une circonstance consolante pour ceux qui ne veulent pas désespérer de trouver la solution du problème. Conçoit-on, en effet, quelle incroyable difficulté il y aurait à expliquer l'absence presque complète des quadrupèdes terrestres dans les îles océaniques, si l'on voyait parfois quelques membres de cette classe traverser l'océan à la nage depuis l'Europe jusqu'aux Açores!

Si l'on découvre plus tard comment les mollusques à respiration aérienne peuvent quelquefois traverser une vaste étendue d'océan, on verra certainement que les occasions de transport se produisent assez rarement et à des intervalles assez longs, pour qu'une espèce continentale, venant à coloniser une

nouvelle ile, ait le temps de varier et de donner naissance à une ou deux races nouvelles, avant que d'autres représentants du type originel continental, prenant la même direction, puissent se croiser avec les premiers colons et entraver leur divergence.

En admettant que du bois flottant, des oiseaux terrestres, des insectes et d'autres causes organiques ou inorganiques, servent dans ce cas de moyens de transport, ces causes doivent agir d'une manière si éventuelle et si irrégulière que les résultats qui s'ensuivent nous paraîtront excessivement capricieux.

L'Hélice Miocène, arrivée la première à Madère, peut avoir différé spécifiquement de celle qui a été introduite la première à Porto-Santo. On a supposé que l'*Helix inflexa* Martens, forme Miocène qui a disparu de l'Europe, a pu être la souche parente de *H. portosanctana*, dont la gigantesque *H. Lowei* serait peut-être une variété; mais ces deux dernières formes paraissent n'être jamais parvenues jusqu'à Madère. On pense que l'*H. Raymondi*, si commune dans les Faluns de France, ou couches du Miocène supérieur, a été le type ancêtre d'une autre coquille commune, *H. Bowditchiana* Pfeiffer, que l'on trouve à l'état fossile et à l'état vivant dans les deux iles de Madère et de Porto-Santo.

Supposons que certaines espèces Miocènes, presque toutes éteintes depuis longtemps, aient été transportées accidentellement dans chacune des iles par un concours de circonstances si rare qu'il ne se produise qu'une fois dans le cours de plusieurs centaines de milliers d'années, il faudrait d'autres combinaisons de circonstances presque aussi rares pour faire passer une espèce d'une ile à une autre. Ce serait, par exemple, une éruption volcanique qui ne se manifesterait qu'une seule fois dans tout le cours de l'érection des diverses parties d'un archipel, partout exactement à la même saison de l'année ou à une même hauteur au-dessus du niveau de la mer, avec une violence égale et au moment où les vents et les courants

marins sont dirigés dans le même sens. Une pareille convulsion occasionnerait la dispersion de quelques Hélices d'une partie de l'archipel à une autre, d'une manière dont on ne retrouverait aucun exemple dans l'histoire de la même région, avant ou après l'événement. En se reportant (vol. I, p. 793), à notre description de la formation du Monte-Nuovo, près de Naples, en 1538, le lecteur verra qu'à côté des nombreux oiseaux qui périrent, il y en eut d'autres qui s'enfuirent terrifiés de la scène de la catastrophe, et qui durent, comme les êtres humains, être couverts de cette boue, retombant en pluie, sous laquelle toutes choses furent ensevelies. Au commencement d'une telle éruption, les arbres, les arbustes et le sol végétal qui doit quelquefois renfermer des œufs de mollusques, furent lancés dans l'air par la vapeur aqueuse. Or, les œufs d'une pupe sont parfois si petits et si légers que, précipités dans l'air, ils ont bien pu, avant de retomber sur le sol, être transportés par le vent à une distance de plusieurs kilomètres, peut-être égale à celle qui sépare Madère des iles Désertes. Il n'existe aucune raison de croire que la tendance des espèces à former de nouvelles variétés soit plus grande dans une île océanique que sur le continent; mais si les îles sont restées séparées les unes des autres pendant une période assez longue pour permettre sur le continent le changement de la plupart des espèces, il est alors évident que la production d'espèces nouvelles sera plus considérable dans les îles. Supposons qu'une troupe d'émigrants, partie il y a quelque mille ans d'une contrée quelconque d'Europe, soit venue former des colonies aux Açores, aux Canaries et dans le groupe de Madère; et que, pendant un millier d'années, il n'ait existé aucune espèce de communication entre ces colons et la contrée-mère, ainsi qu'entre les trois archipels; il est tout à fait probable que la contrée-mère et ses trois colonies emploieront des idiomes particuliers et que ces langages différeront tous les quatre de la langue originelle du neuvième siècle. Les trois archipels,

comparés, sous le rapport de la population et de l'étendue de terre ferme dont se compose leur ensemble, avec la contrée d'où partirent les premiers émigrants, pourraient bien n'offrir que des différences fort insignifiantes, quoique pourtant les insulaires, moins nombreux, eussent donné naissance, par suite de leur isolement, à trois nouveaux langages, et les habitants du continent à un seul. Ce n'est pas que l'invention de termes et d'idiomes nouveaux, ou que l'abandon des anciens tombés en désuétude, se fussent produits avec plus de rapidité dans les îles ; mais c'est parce que chaque archipel, se trouvant séparé de tout autre et du reste du monde, aurait formé un centre linguistique indépendant. De même, les distinctions que l'on observe dans les coquilles terrestres des Canaries, du groupe de Madère, des Açores et de la plupart des îles séparées les unes des autres, sont le résultat de l'isolement prolongé de petits fragments de terre ferme au milieu de l'océan, et non celui d'une plus grande tendance à varier que montreraient les testacés habitant ces îles.

Pour conclure, je ferai observer que la grande analogie que l'on observe entre les espèces insulaires de mammifères, d'oiseaux, d'insectes, de coquilles terrestres et de plantes (florifères ou cryptogames) avec celles des continents, et que le degré de concordance qui existe entre les espèces des divers archipels ou des différentes îles du même groupe, ont un rapport évident avec les facultés connues que possède chaque classe de traverser l'océan. Or, cette relation se trouve en parfait accord avec la théorie de Variation et de Sélection Naturelles, mais elle ne l'est avec aucune autre des hypothèses avancées jusqu'à ce jour pour expliquer l'origine des espèces.

CHAPITRE XLII

EXTINCTION DES ESPÈCES.

Conditions qui permettent à chaque espèce de plante de se maintenir dans la lutte contre les autres espèces. — Comment l'équilibre se trouve conservé dans le nombre des espèces. — Action des insectes pour atteindre ce résultat. — Ravages occasionnés par les sauterelles. — Efficacité des moyens que les animaux omnivores emploient pour maintenir l'équilibre des espèces. — Influence réciproque des espèces aquatiques et terrestres. — Comment les changements opérés dans la géographie physique affectent la distribution des espèces. — L'extension de la distribution d'une espèce modifie la distribution des autres espèces. — Effets supposés de la première arrivée de l'ours polaire en Islande. — Multiplication du renne importé en Islande. — Influence de l'homme sur le nombre des espèces. — Extinction de divers quadrupèdes et oiseaux indigènes de la Grande-Bretagne. — Extinction du dodo. — Propagation rapide des quadrupèdes domestiques en Amérique. — L'homme n'a pas la prérogative de détruire des espèces. — Diverses remarques, et conclusion.

Conditions qui permettent à chaque espèce de plante de se maintenir dans la lutte contre les autres espèces. — Je me propose de traiter dans ce chapitre des diverses causes qui déterminent l'extinction continuelle des espèces, tant dans le règne animal que dans le règne végétal.

Tous les naturalistes croient que, bien que dans une contrée telle que la Grande-Bretagne, par exemple, il puisse y avoir plus de 3,000 espèces de plantes, plus de 12,000 insectes et une grande variété d'espèces appartenant à chacune des autres classes, il n'y en aura peut-être pas plus d'une centaine, ou même d'une cinquantaine, qui habiteront une localité donnée. Or, il n'est pas nécessaire que cette localité occupe une étendue considérable ; ce peut être une haute montagne, ou un vaste marais, ou une grande vallée, offrant assez d'espace pour contenir des individus de toutes les espèces propres aux îles Britanniques ; cependant le point en question ne sera occupé que par un petit nombre d'espèces capables de défendre, pendant de longues périodes, leur territoire contre tout usurpateur, malgré la facilité dont jouissent

les espèces, en vertu de leur pouvoir de diffusion, d'envahir les districts voisins des leurs. (Voir chap. XXXVIII, XXXIX et XL.)

Les causes principales qui donnent à un certain assemblage de plantes la faculté de défendre ainsi sa station contre les tentatives d'envahissement des autres groupes de plantes tiennent, comme on le sait, aux rapports qui existent entre la nature physiologique de chaque espèce et le climat, l'exposition, le sol et les autres conditions physiques de la localité. Quelques plantes ne vivent que sur des rochers, d'autres dans des prairies, d'autres dans des marécages. Parmi ces dernières, les unes se plaisent dans des flaques d'eau douce, les autres dans des marais salants, où leurs racines peuvent absorber une grande quantité de particules salines. Quelques-unes préfèrent une région alpine située sous une chaude latitude, parce que, durant les ardeurs de l'été, elles y sont constamment arrosées par les eaux fraiches provenant de la fonte des neiges. A d'autres le sable incohérent, si funeste à la généralité des espèces, fournit la station la plus favorable. Le *Carex arenaria* et l'*Elymus arenarius* acquièrent leur plus grande vigueur dans les dunes sablonneuses où ils ont l'avantage sur certaines plantes qui, dans une argile forte, les étoufferaient immédiatement.

Lorsque le sol d'un district est d'une nature extrêmement favorable à certaines espèces, et contraire à toutes les autres, les premières prennent exclusivement possession de ce district et, comme les bruyères, vivent en société. De même, le *Sphagnum palustre* offre le développement le plus complet dans les marais tourbeux, où, pour nous servir du langage des botanistes, il devient une plante sociale comme la bruyère. De tels monopoles, toutefois, ne sont pas communs, car plusieurs causes y mettent obstacle. Non-seulement un grand nombre d'espèces sont douées au même degré de la faculté de prendre possession de stations semblables et de s'y main-

tenir ; mais chaque plante, par suite de causes que le physiologiste n'a point encore expliquées complétement, possède la propriété de rendre le sol où elle a poussé moins favorable à l'existence d'autres individus de sa propre espèce, ou même d'autres espèces de la même famille. Cependant ce terrain, loin d'être appauvri, se trouve amélioré pour les plantes d'une *autre* famille. Les chênes, par exemple, rendent le sol plus fertile pour la tribu des pins, et les pins, à leur tour, préparent le sol pour les chênes. Tous les agriculteurs connaissent la force de cette loi du monde organique, et règlent en conséquence la rotation de leurs récoltes.

Comment se maintient l'équilibre dans le nombre des espèces. — « Toutes les plantes d'une contrée donnée, dit De Candolle dans son style animé, sont en guerre les unes contre les autres. Les premières qui s'établissent par hasard dans une localité particulière, tendent, par cela même qu'elles occupent l'espace, à en exclure les autres espèces; les plus grandes étouffent les plus petites, les plus vivaces remplacent celles dont la durée est plus courte; les plus fécondes s'emparent graduellement de l'espace que pourraient occuper celles qui se multiplient plus lentement. »

Dans cette lutte continuelle, observe le même auteur, ce ne sont pas toujours les ressources de la plante elle-même qui la mettent à portée de se maintenir dans sa station ou de s'étendre au delà. Son succès dépend, en grande partie, du nombre d'ennemis ou d'alliés qu'elle compte parmi les animaux et les plantes qui habitent la même région. Ainsi, une plante qui aime l'ombre pourra se multiplier, si quelque arbre chargé de longs rameaux et couvert d'un épais feuillage se trouve dans son voisinage. Une autre qui, dénuée de protection, serait en quelque sorte absorbée par le développement d'une autre plante plus robuste, est épargnée parce que le bétail ne recherche pas ses feuilles, et que chaque année il attaque son antagoniste, dont il laisse rarement mûrir la graine.

Souvent on voit une plante se développer au milieu d'un buisson d'épines, tandis que tous les autres individus de la même espèce, placés à l'entour en rase campagne, disparaissent avant que leur graine soit venue à maturité. Dans ce cas, l'armure épineuse de l'arbuste a garanti la plante sans défense contre l'atteinte des herbivores, et quelques individus qui occupaient, peut-être, la station la plus défavorable sous le rapport de l'exposition, du sol et d'autres circonstances, ont pu devenir, avec le secours d'un allié, la source principale d'où les vents ont tiré les graines qui perpétuent l'espèce sur toute la région environnante (1). C'est ainsi que dans la Nouvelle Forêt (Hampshire), les jeunes chênes qui ne sont pas détruits par les bêtes fauves, ou déracinés par les sangliers, doivent souvent leur salut à la protection du houx.

Nous voyons, par ces exemples, qu'une plante en garantit, parfois, une autre des attaques des animaux; mais il est des cas, peut-être plus nombreux encore, où c'est un animal qui défend une plante contre les atteintes de quelque autre sujet du règne végétal. A peine, dit Linné, un seul quadrupède touche-t-il à l'ortie, tandis que cinquante espèces différentes d'insectes s'en nourrissent (2). Quelques-uns de ceux-ci s'emparent de la racine, d'autres de la tige; les uns mangent les feuilles, d'autres les graines et les fleurs; mais, sans cette multitude d'ennemis, l'ortie (*Urtica dioica*) anéantirait un grand nombre de plantes. Le même naturaliste rapporte dans son « Voyage en Suède » que des chèvres qui furent transportées dans une île où l'*Agrostis arundinacea* croissait abondamment, périrent de faim, tandis que des chevaux qu'on y amena ensuite engraissèrent en se nourrissant de la même plante. D'un autre côté, la spirée ulmaire et la cigüe d'eau,

(1) *Amœn. Acad.*, vol. VI, p. 17, § 12.
(2) *Ibid.*

plantes qui sont, ajoute-t-il, nuisibles au bétail, conviennent parfaitement à la chèvre (1).

Action des insectes. — Il est assigné à chaque plante, dit Wilcke, un insecte particulier qui met un frein à son développement exagéré, et qui l'empêche de se multiplier aux dépens d'autres végétaux. « Ainsi, les graminées croissent quelquefois dans les prairies au point d'en exclure toutes les autres plantes; la *Phalæna graminis* (*Bombyx gram.*), avec sa progéniture nombreuse, y trouve à festiner copieusement, et s'y multiplie de telle sorte que, souvent, par son fait, le fermier a, pendant plusieurs années, à déplorer la perte de sa récolte. Mais quand les graminées sont presque consommées, ces papillons meurent de faim ou abandonnent la place; les autres plantes qui, auparavant, se trouvaient étouffées par le gazon, croissent alors en toute liberté, et le sol se couvre d'une multitude de fleurs d'espèces différentes. Or, si la nature n'avait pas confié au *Bombyx graminis* le soin de remédier à la croissance exubérante des graminées, celles-ci détruiraient un grand nombre d'espèces de végétaux, dont l'équilibre se trouve ainsi maintenu par cet insecte (2).

L'auteur rappelle ici les dommages que causa en 1740, 1741 et 1742, dans plusieurs provinces de la Suède, un insecte très-destructeur, mais qui, dit-on, ne touche jamais à la plante appelée queue-de-renard, de sorte qu'il peut être considéré comme protégeant cette espèce, et comme servant d'une manière toute particulière à la maintenir dans son état actuel d'abondance (3). Une découverte de Rolander, cité dans le traité de Wilcke dont nous parlions tout à l'heure, offre un exemple remarquable des moyens divers que la Nature emploie pour maintenir un équilibre de puissance parmi les espèces. « Le cône du sapin est le réceptacle des œufs de

(1) *Amœn. Acad.*, vol. VII, p. 409.
(2) *Ibid.*, vol. VI, p. 17, § 11-12.
(3) Kirby et Spence, vol. I, p. 178.

la *Phalæna strobilella*, et les jeunes chenilles, en sortant de leur enveloppe, mangent le cône et le superflu de la graine; mais, pour que la destruction ne soit pas complète, l'*Ichneumon strobilellæ* fixe ses œufs sur la chenille elle-même, en introduisant sa longue queue dans les ouvertures du cône où son corps trop gros ne pourrait pénétrer, jusqu'à ce qu'elle rencontre l'insecte qui y est renfermé. Il parvient ainsi à déposer sur la chenille son petit œuf, qui, une fois éclos, la détruit (1). »

Les entomologistes énumèrent plusieurs exemples analogues où des insectes propres à certaines plantes sont la proie d'autres insectes qui, à leur tour, sont détruits par des parasites auxquels ils sont expressément destinés à servir de pâture (2). Peu de personnes, peut-être, sont à même d'apprécier exactement jusqu'à quel point les insectes contribuent à maintenir l'équilibre des espèces parmi les plantes, et à régler ainsi d'une manière indirecte les nombres relatifs de plusieurs des ordres les plus élevés des animaux terrestres. Ce qui les distingue surtout, c'est la faculté qu'ils ont de se multiplier instantanément en nombres si prodigieux qu'une pareille reproduction exigerait pour s'accomplir un laps de temps considérable chez les grands animaux, puis de retomber aussi promptement, sans aucune cause extraordinaire de perturbation, dans leur premier état d'insignifiance.

Si pour employer, de temps à autre seulement, une force de plusieurs centaines de chevaux, nous étions obligés de nourrir à grands frais tous ces animaux pendant le temps où leurs services ne seraient point nécessaires, nous admirerions beaucoup, sans doute, l'invention d'un appareil qui pourrait, ainsi que la machine à vapeur, produire, à quelque moment que ce fût, la même quantité de force sans occasionner aucune dépense d'alimentation pendant les périodes d'inaction. Or,

(1) *Amœn Acad.*, vol. VI, p. 26. 14.
(2) Kirby et Spence, vol IV, p. 218.

nous éprouvons une admiration semblable lorsque nous considérons la puissance des forces vitales dont l'Auteur de la Nature a été si prodigue dans la création des insectes. Quelques individus, si petits qu'ils ne nous sont révélés que par l'observation la plus minutieuse, deviennent en peu de jours, de semaines ou de mois, capables de donner naissance à des myriades d'êtres, qui peuvent empêcher une espèce de se développer au préjudice d'autres espèces, ou nous délivrer de certaines incommodités, telles que celles qu'occasionnerait la présence de cadavres en infectant l'air. Mais, aussitôt que la mission de destruction confiée à ces insectes est accomplie, leur puissance prodigieuse s'anéantit; chacun des individus de cette immense cohorte atteint bientôt le terme de son existence passagère, et le moment arrive où l'espèce entière passe à l'état d'œuf, puis à celui de larve et enfin à celui de chrysalide. Se trouvant alors sans défense, ces insectes peuvent être détruits soit par les intempéries de l'atmosphère, soit par l'augmentation de quelques-uns de leurs nombreux ennemis qui souvent s'en nourrissent à mesure qu'ils passent par les premières phases de leurs diverses transformations. Une autre cause de destruction tient encore à ce que, parfois, l'année qui suit la formation des œufs est défavorable à leur éclosion, ou au développement des chrysalides.

Ainsi disparaissent des myriades d'insectes qui tantôt couvrent la végétation, comme les pucerons, et tantôt obscurcissent l'air comme les sauterelles. Presque en tout temps il existe quelques espèces qui manifestent leur force de cette manière, et, comme les esprits de Milton qui se pressaient dans une spacieuse enceinte, « réduisent ensuite aux plus petites proportions leurs formes gigantesques. »

———— So thick the aëry crowd
Swarm'd and were straiten'd; till, tho signal given,
Behold a wonder! they put now who seemed
In bigness to surpass earth's giant sons,
Now less than smallest dwarfs.
....

La foule aérienne était si compacte, qu'elle grouillait dans un espace trop étroit pour la contenir; mais, ô merveille! le signal aussitôt donné, ceux qui un instant auparavant semblaient surpasser en grandeur les géants, fils de la terre, parurent alors plus petits que les nains les plus chétifs.

Quelques exemples suffiront pour montrer la manière dont agit cette force. On sait que parmi les espèces innombrables d'insectes de la création, les unes se nourrissent de matière animale, et les autres de matière végétale. En examinant sous ce point de vue un catalogue de huit mille Arachnides et Insectes des îles Britanniques, M. Kirby a trouvé que ces deux divisions se contrebalançaient à peu près, bien que les espèces carnivores fussent un peu plus nombreuses que les autres. Il y a aussi certaines espèces dont les unes sont destinées à se nourrir de matière vivante, et les autres de matière morte, ou de substances végétales et animales en putréfaction. Une femelle de *Musca carnaria* peut donner naissance à vingt mille individus; et les larves de plusieurs mouches à viande absorbent tant de nourriture en vingt-quatre heures, et croissent si rapidement, que leur poids se trouve augmenté de deux cents fois dans cet espace de temps! Cinq jours après leur éclosion, elles atteignent leur entière croissance, de sorte qu'on conçoit, dit Kirby, qu'il peut ne pas y avoir d'exagération dans cette assertion de Linné, savoir que trois mouches de l'espèce *M. vomitoria* pourraient dévorer un cheval mort aussi promptement que le ferait un lion (1). Un autre naturaliste Suédois remarque que la faculté de reproduction est si étendue dans une seule espèce d'insectes, même parmi les plus petits, que chacun de ces êtres peut, à l'occasion, causer plus de ravages que l'éléphant (2).

Après les sauterelles, les pucerons sont peut-être les insectes qui exercent le plus d'action sur le règne végétal; de

(1) Kirby et Spence, vol. 1, p. 250.
(2) Wilcke, *Amœn. Acad.*, c. II.

même que les sauterelles, ils sont quelquefois assez nombreux pour obscurcir l'air. La multiplication de ces petites créatures est sans exemple, et presque chaque plante a son espèce particulière. Réaumur a prouvé qu'à la cinquième génération un puceron peut avoir donné naissance à 5,904,900,000 descendants, et l'on suppose qu'en une année, il peut se produire vingt générations (1). M. Curtis observe que, de même que parmi les chenilles il en est quelques-unes qui restent constamment et invariablement attachées à une seule ou à plusieurs espèces de plantes, et d'autres qui se nourrissent indistinctement de toutes sortes de végétaux; de même, parmi les pucerons, les uns sont plus exclusifs que d'autres dans le choix de leur nourriture; et non-seulement ils ressemblent à d'autres insectes sous ce rapport, mais ils ont encore de commun avec eux d'être plus abondants en certaines années que dans d'autres (2). En 1793, ils furent la cause principale, et, en 1798, la cause unique de la perte des houblons. En 1794, année qui fut d'une sécheresse presque sans exemple, le houblon fut complétement exempt de pucerons; mais les fèves, et les pois surtout, eurent beaucoup à souffrir de leurs ravages.

Les dégâts occasionnés par les chenilles de quelques-unes de nos plus petites noctuelles offrent un exemple remarquable de l'accroissement temporaire d'une espèce. En une année, les chênes d'une forêt considérable furent dépouillés de leurs feuilles, aussi complétement qu'en hiver, par les chenilles d'une petite noctuelle verte (*Tortrix viridana*), dont l'année suivante la reproduction fut presque nulle. La *Plusia gamma*, l'une des espèces les plus communes de l'Angleterre, n'est point redoutée dans cette contrée pour ses ravages; mais des légions de larves de cet insecte ont quelquefois, et particulièrement en 1735, causé de sérieuses craintes en France. Réaumur a observé que la femelle dépose environ

(1) Kirby et Spence, vol. I, p. 174.
(2) *Trans. Linn. Soc.*, vol. VI.

quatre cents œufs, d'où il suit que si vingt chenilles, disséminées dans un jardin, venaient, après avoir passé l'hiver, à être transformées en insectes parfaits au mois de mai suivant, les œufs qui en résulteraient, en supposant que la moitié de ceux-ci consistât en œufs femelles et qu'ils fussent tous féconds, donneraient, à la génération suivante, naissance à huit cent mille chenilles (1). Un auteur moderne remarque fort judicieusement à cette occasion que si la Providence ne faisait pas intervenir quelques causes capables de restreindre l'extension de cet insecte, ses larves seules, sans compter celles des deux mille autres espèces appartenant aux Iles Britanniques, auraient bientôt détruit plus de moitié de la végétation de cette contrée.

Dans la seconde partie du siècle dernier, une fourmi extrêmement nuisible à la canne à sucre (*Formica saccharivora*), se montra en telle abondance dans l'île de Grenade, qu'elle força d'interrompre la culture de ce végétal. Ces insectes étaient en nombre incroyable et couvraient les plantations et les routes; la plupart des animaux domestiques, ainsi que des rats, des souris, des reptiles et même des oiseaux, périrent par suite de ce fléau. Ce ne fut qu'en 1780 qu'ils furent détruits par des torrents de pluie qui accompagnèrent un ouragan terrible (2).

Ravages causés par les sauterelles. — Nous terminerons en rapportant quelques exemples des ravages causés par les sauterelles en diverses contrées. Plusieurs parties de l'Afrique, telles entre autres que la Cyrénaïque, furent à différentes époques infestées par des myriades de ces insectes, qui n'épargnaient presque rien de ce qu'ils trouvaient de verdure sur le sol. On peut se former une idée des dommages qu'ils occasionnèrent par la famine qui résulta de leur apparition. Saint Augustin fait mention d'un fléau du même genre qui,

(1) Réaumur, vol. II, p. 337.
(2) Kirby et Spence, vol. I, p. 183. Castle, *Philosoph. Trans.* XXX, 346.

en Afrique, fit périr jusqu'à 800,000 hommes dans le royaume de Massinissa seulement, et un plus grand nombre encore dans les territoires voisins de la mer. On rapporte aussi qu'en 591 on vit arriver d'Afrique en Italie, une immense nuée de sauterelles qui, après avoir horriblement dévasté le pays, se noyèrent dans la mer; mais l'odeur infecte qu'elles exhalaient donna lieu à une maladie pestilentielle qui enleva près d'un million d'hommes et d'animaux.

En 1478, plus de 30,000 personnes périrent, dit-on, dans le territoire de Venise, par la famine occasionnée par un fléau semblable, et l'on cite plusieurs autres exemples des ravages que ces insectes ont exercés en France, en Espagne, en Italie, en Allemagne, etc. Diverses parties de la Russie, la Hongrie la Pologne, l'Arabie, l'Inde et d'autres contrées, en ont été périodiquement affligées. Quoiqu'ils choisissent de préférence certaines plantes, cela ne les empêche pas, lorsqu'ils les ont consommées, d'attaquer presque toutes les autres. Ce qui étonne surtout dans les récits d'invasions de sauterelles, c'est la quantité prodigieuse de matière qui encombre la mer partout où le vent les a poussées, et les maladies pestilentielles qui résultent de leur putréfaction. On assure qu'en Russie, en Pologne et en Lithuanie, les cadavres de ces insectes, amoncelés les uns sur les autres, ont formé en quelques points des accumulations de 1m20 d'épaisseur; et lorsque, dans l'Afrique Méridionale, ils se trouvèrent chassés dans la mer par un vent nord-ouest, ils formèrent, dit Barrow, le long du rivage, sur 80 kilomètres d'étendue, un banc de plus d'un mètre d'épaisseur (1). Or, quand on pense que des forêts entières sont dégarnies de leur feuillage, et que la terre est dépouillée de sa verdure sur des milliers de kilomètres carrés par ces insectes destructeurs, on conçoit que la quantité de matière animale résultant de leur accumulation puisse égaler celle

(1) *Voyage en Afrique*, p. 257. Kirby et Spence, vol. I, p. 215.

qui proviendrait de nombreux troupeaux de quadrupèdes et de bandes de grands oiseaux, qui auraient été subitement précipités dans la mer.

La reproduction de tels événements à certains intervalles, dans les contrées chaudes, de même que les hivers rigoureux et les étés humides qui, de temps à autre, reviennent dans la zone tempérée, diminuent les nombres proportionnels de presque toutes les classes d'animaux et de plantes, et nuisent probablement à l'existence de quelques-unes d'entre elles qui, autrement, prospéreraient dans ces régions ; tandis qu'au contraire ils favorisent certaines espèces dont la conservation dépend entièrement de leur influence.

Quoiqu'on remarque habituellement que l'augmentation extraordinaire d'une espèce est immédiatement suivie et réprimée par la multiplication d'une autre espèce, il n'en est cependant pas toujours ainsi ; soit parce que plusieurs espèces se nourrissent des mêmes substances, soit parce que plusieurs substances servent souvent indifféremment à l'alimentation d'une seule et même espèce. Dans le premier cas, lorsqu'un certain nombre d'animaux différents ont précisément le même goût, comme, par exemple, lorsque des reptiles et des oiseaux insectivores se nourrissent de quelque mouche ou de quelque coléoptère particulier, ces insectes, quel qu'en soit le nombre, ne peuvent donner lieu qu'à une augmentation fort légère et presque imperceptible dans chacune des espèces en question d'oiseaux et de reptiles. Dans le second cas, où nous avons supposé qu'un seul animal, comme notre buse (*Buteo*) fait servir à sa subsistance d'autres animaux appartenant à presque toutes les classes, c'est-à-dire non-seulement de petits quadrupèdes, tels que des lapins et des mulots, mais aussi des oiseaux, des grenouilles, des lézards et des insectes, la surabondance d'une seule espèce de ces derniers peut être cause que ceux qui, d'ordinaire, se nourrissent indistinctement de toutes sortes d'animaux, vivent presque exclusivement de l'es-

pèce en excès, et par suite l'équilibre peut être rétabli.

Action des animaux omnivores. — Le nombre des espèces qui sont presque omnivores est fort considérable; et quoïque chaque animal ait peut-être une certaine prédilection pour telle ou telle sorte de nourriture, il en est cependant quelques-uns dont la subsistance ne se borne même point à l'un des grands règnes du monde organique. Ainsi, quand le raton des Antilles ne peut se procurer ni oiseaux, ni poissons, ni limaçons, ni insectes, il se rejette sur la canne à sucre et mange diverses sortes de graines. Les civettes, aussi, se nourrissent de fruits et de racines lorsque les subsistances animales sont rares. Un grand nombre d'oiseaux, qui vivent indifféremment d'insectes ou de plantes, contribuent peut-être plus qu'aucune autre famille terrestre à maintenir un équilibre constant entre les nombres relatifs des différentes classes d'animaux et de végétaux. Si les insectes deviennent trèsnombreux et dévorent les plantes, ces oiseaux à leur tour tirent de ces insectes la plus grande partie de leur subsistance, de même que les Arabes, les Syriens et les Hottentots se nourrissent de sauterelles, quand les sauterelles ravagent leurs récoltes.

Influence réciproque des espèces aquatiques et des espèces terrestres. — La relation intime qui existe entre les habitants des eaux et ceux de la terre ferme, jointe à l'influence que les uns et les autres exercent sur le nombre relatif des espèces, sont à comprendre parmi les causes compliquées qui déterminent l'existence des animaux et des plantes dans certaines régions. Un grand nombre de quadrupèdes amphibies et de reptiles se nourrissent en partie d'animaux et de plantes aquatiques, et en partie de plantes et d'animaux terrestres; aussi, lorsqu'une de ces deux sortes de nourriture vient à leur manquer, ont-ils immédiatement recours à l'autre. Les éléments de subsistance de certains insectes tels que la libellule, sont exclusivement limités aux pro-

duits des eaux, pendant toute la durée d'un des états par lesquels passe cet insecte dans ses diverses transformations, et à ceux de l'atmosphère lorsqu'une fois il a atteint son état parfait. Un nombre considérable d'oiseaux aquatiques, soit de rivière, soit de mer, tirent également leur subsistance des eaux et de l'atmosphère, de sorte que l'abondance ou la rareté des ressources alimentaires dans un de ces deux milieux, leur fait abandonner l'un, ou les porte du moins à visiter l'autre plus souvent. Ainsi se maintient une connexion intime entre les êtres animés qui habitent un lac ou une rivière, et ceux qui occupent les terres voisines; ou entre les habitants d'un continent, avec ses lacs et ses rivières, et ceux de l'océan. On sait que pendant les saisons orageuses plusieurs oiseaux abandonnent les rivages de la mer pour aller chercher leur subsistance dans l'intérieur des terres; tandis que d'autres, au contraire, sollicités par les mêmes besoins, quittent leurs retraites, dans l'intérieur des terres, et vont à la recherche de matières rejetées par la marée.

La migration des poissons dans les rivières, au temps du frai, fournit un autre exemple du même genre. Si le saumon vient à diminuer par le fait de certains ennemis, tels que les veaux marins et les épaulards, il peut s'ensuivre, souvent, qu'en peu d'années, le nombre des loutres diminue jusqu'à la distance de plusieurs centaines de kilomètres dans l'intérieur des terres, par suite de la rareté du poisson. D'un autre côté, si le jeune frai de saumon ne trouve pas une nourriture suffisante dans les rivières et dans les estuaires, une grande partie de ce frai périra, et dès lors les anguilles de sable, ainsi que d'autres espèces marines auxquelles ordinairement le saumon fait la guerre, se reproduiront en plus grande abondance.

Il est inutile d'ajouter ici d'autres exemples pour prouver que les stations de différentes plantes et de divers animaux dépendent d'une grande complication de circonstances, — d'une

multitude de relations dans l'état de la nature vivante et du monde inorganique. Tous les végétaux exigent un certain climat, un certain sol, ainsi que le concours d'autres conditions, et souvent même l'assistance de plusieurs animaux pour se conserver. Beaucoup d'animaux vivent aux dépens de certaines plantes, dont le nombre, souvent très-borné, se réduit quelquefois à une seule ; d'autres membres du règne animal se nourrissent d'espèces plantivores, et dépendent ainsi des conditions que présentent les *stations*, non-seulement des animaux qui leur servent de proie, mais encore des plantes qui alimentent ceux-ci.

Comment les changements géographiques affectent la distribution des espèces. — C'est donc à l'aide de ces diverses causes dont les effets se contrebalancent que le règne animal et le règne végétal continuent de siècle en siècle, et peut-être même pendant des dizaines de milliers d'années, de rester partout dans le même état, excepté sur les points où l'homme fait sentir son action ; mais, indépendamment de l'intervention humaine, il est d'autres circonstances qui s'opposent à ce que les provinces zoologiques et les provinces botaniques se maintiennent indéfiniment dans la même situation.

L'instabilité qui règne à la surface de la terre est telle que si la Nature ne prenait continuellement le soin de propager les plantes au moyen des semences, et de coloniser les animaux, la population d'une certaine partie des terres et des mers du globe se trouverait en peu d'années considérablement amoindrie. Chaque fois qu'une rivière transporte assez de sédiment dans une mer ou dans un lac pour en diminuer sensiblement la profondeur, les animaux et les plantes aquatiques qui se plaisent dans les eaux profondes abandonnent ce point ; toutefois, loin de devenir inutile, il se trouve bientôt peuplé par des espèces qui, ayant plus besoin de lumière et de chaleur, prospèrent dans les endroits où l'eau est basse.

Chaque addition faite au profit de la terre ferme par l'accroissement du delta d'une rivière, bannit plusieurs espèces aquatiques de leurs demeures natives; mais la portion de plaine ainsi nouvellement formée ne reste point inoccupée, car presque aussitôt elle se couvre d'une végétation terrestre. L'océan ronge incessamment les lignes de côtes continues et engloutit dans ses flots soit d'immenses forêts, soit de riches pâturages; mais cet espace n'est pas perdu pour la création animée, car bientôt des coquilles et des plantes marines s'attachent aux nouvelles falaises, et de nombreux poissons viennent peupler le canal que le courant s'est frayé. A peine une île volcanique est-elle soulevée que des lichens commencent à y croître; et, parfois, elle est entièrement couverte de verdure pendant que son cratère continue par intervalles d'émettre des cendres et de la fumée. Le cacaotier, le pandanus et le manglier prennent racine sur le récif de corail, même avant qu'il dépasse la surface des eaux. Le courant brûlant de lave qui descend de l'Etna se précipite à travers une imposante forêt, et réduit en cendres les plantes et les arbres qu'il rencontre sur son passage; cependant la bande noirâtre de terre sur laquelle il marque ainsi ses traces se trouve, par la suite des temps, de nouveau recouverte de chênes, de pins et de châtaigniers, non moins vigoureux que ceux que le torrent igné avait entraînés.

Chaque inondation et chaque glissement de terrain, chaque vague qu'un ouragan ou un tremblement de terre pousse sur le rivage, chaque coulée de lave et chaque pluie de poussière et de cendres volcaniques qui ensevelit une contrée à la profondeur de plusieurs décimètres, chaque mouvement progressif d'un flot de sable, chaque transformation d'eau salée en eau douce qui s'opère quand les rivières changent leur canal principal de décharge, chaque variation permanente que subit la montée ou la descente des marées dans un estuaire, — toutes ces causes enfin et beaucoup d'autres encore,

déplacent, dans le cours d'un petit nombre de siècles, certains animaux et certaines plantes des stations qu'ils occupaient auparavant. Si, donc, l'Auteur de la Nature n'avait point été aussi prodigue des nombreux moyens dont nous avons déjà parlé pour répandre toutes les diverses classes d'êtres organisés à la surface de la terre; s'il n'avait pas ordonné que les fluctuations de la création animée et du monde inorganique fussent en harmonie parfaite les unes avec les autres, il est évident que les vastes portions du globe qui, aujourd'hui, sont le plus habitées, seraient aussi dépourvues d'êtres vivants que le sont les neiges Alpines, les sombres abimes de l'océan, ou les sables mouvants et les plaines salées du Sahara.

La faculté qu'ont les animaux et les plantes de se déplacer et de se répandre est, donc, indispensable à leur conservation, et leur serait nécessaire, lors même qu'une espèce ne tendrait pas naturellement à étendre ses limites géographiques. Mais par cela seul que les espèces possédaient la faculté de changer de station, il ne pouvait manquer d'arriver que les habitants d'un district pénétrassent dans un autre, puisque les barrières les plus fortes que j'ai déjà indiquées comme servant de séparation entre des régions distinctes, sont toutes sujettes à être renversées, les unes après les autres, pendant les changements qui s'opèrent à la surface du globe.

Ainsi que nous l'avons vu dans le chapitre XII (1), la géologie nous a révélé toute l'étendue des changements successifs qui se sont opérés dans la géographie physique du globe. Bien que ces changements soient incessants, ils se poursuivent avec une telle lenteur qu'en général ils échappent complétement à l'observation humaine. Bien plus, un naturaliste éprouverait beaucoup de difficulté à noter l'avantage qu'aurait acquis une espèce sur une autre, dans le cours de quel-

(1) Vol. I, p. 325.

ques siècles, même sur les points limitrophes de deux provinces distinctes où la lutte pour l'existence a été le plus acharnée ; et, cependant, sur ces points, les changements doivent se succéder avec une rapidité bien supérieure à celle avec laquelle ils se produisent généralement dans le monde organique. Si l'océan se frayait graduellement un passage à travers un isthme, comme l'isthme de Suez, par exemple, il s'ensuivrait que les tribus aquatiques des deux mers (la Méditerranée et la mer Rouge), précédemment séparées, pourraient se mélanger, tandis qu'au contraire la libre communication dont jouissaient auparavant les plantes et les animaux terrestres des deux continents se trouverait interrompue. Telles seraient peut-être, à l'égard de la distribution des espèces, les conséquences les plus importantes qui résulteraient de la brèche faite en ce point par la mer ; mais à celles-là, il s'en ajouterait d'autres d'une nature différente ; la conversion en mer, par exemple, d'une certaine étendue de la terre ferme qui formait l'isthme. Cet espace, auparavant occupé par des plantes et des animaux terrestres, serait immédiatement livré aux espèces aquatiques ; révolution locale qui aurait pu arriver en une infinité d'autres points du globe, sans être accompagnée d'aucune modification dans le mélange des espèces de deux provinces distinctes.

De même, si l'isthme étroit de Panama venait à s'affaisser graduellement, une communication finirait par s'établir entre les deux mers, qui sont actuellement habitées par des poissons, des mollusques, des crustacés et d'autres tribus aquatiques appartenant presque toutes à des espèces distinctes. Cet événement amènerait, parmi des milliers d'espèces alliées, une lutte qui, par la suite des temps, donnerait naissance à la prédominance de quelques espèces et à l'amoindrissement ou à l'extinction totale de quelques autres. Si l'Espagne se trouvait reliée au Maroc, par suite de l'exhaussement et de la mise à sec de la crête sous-marine de 300 mètres de profon-

deur que nous avons déjà décrite (1), la faune de la Méditerranée serait séparée de celle de l'Atlantique, et les plantes terrestres de l'Afrique Septentrionale fusionneraient avec celles du midi de l'Europe. Supposons encore que, par suite d'éruptions volcaniques, il vienne à se former, dans le détroit de Lombok (2), une communication terrestre qui réunisse les iles de Bali et de Lombok, cette révolution occasionnerait évidemment entre les oiseaux terrestres, les insectes et les plantes des provinces Indiennes et de celles de l'Australie, un conflit qui ne manquerait pas d'ajouter à la prépondérance numérique de certaines espèces aux dépens des autres, en même temps qu'elle entrainerait l'extinction de plusieurs d'entre elles. Cependant, même de pareilles fluctuations paraitraient encore extrêmement lentes à l'observation humaine, parce qu'une communication formée par le soulèvement d'une nouvelle ile volcanique ne demande pas seulement pour s'établir des milliers d'années, mais peut-être des milliers de siècles, et que, parmi les espèces capables de profiter de la suppression de l'ancienne barrière, fort peu pourraient attendre jusqu'au moment de la jonction complète des deux iles.

L'extension des limites d'une espèce influe sur la condition de plusieurs autres. — Relativement à l'extinction des espèces, il ne faut pas perdre de vue que, lorsqu'une région possède un aussi grand nombre d'animaux et de plantes que ses ressources productrices lui permettent d'en nourrir, l'addition d'une espèce nouvelle, ou l'augmentation numérique, *permanente*, d'une espèce déjà établie, doit toujours être accompagnée de l'extinction locale ou de la diminution numérique de quelque autre.

Il peut sans doute survenir des changements considérables d'une année à une autre, et l'équilibre peut être rétabli sans qu'il s'opère aucune altération permanente; car il arrivera

(1) Voir vol. I, p. 734.
(2) Voir la carte, fig. 132, p. 442.

qu'à certaines saisons, un accroissement d'humidité, de chaleur, ou quelque autre cause, augmentera la quantité totale des produits végétaux; et, dans ce cas, tous les animaux qui vivent de substances végétales, ainsi que ceux auxquels ils servent eux-mêmes de nourriture, se multiplieront sans qu'aucune espèce soit détruite; mais, tandis que la quantité totale des produits végétaux reste entière, l'accroissement progressif d'un animal ou d'une plante entraîne la destruction d'une autre.

Les agriculteurs et les jardiniers savent parfaitement que lorsque de mauvaises herbes s'introduisent parmi des espèces cultivées, celles-ci sont arrêtées dans leur croissance ou étouffées. Si l'on abandonne pendant quelque temps un champ ou un jardin, aussitôt une multitude de plantes indigènes,

L'ivraie, la ciguë et la fumeterre si féconde,

envahissent la place, et, s'en rendant maîtresses, expulsent celles qui sont exotiques, ou mettent fin au monopole de quelques autres, indigènes comme elles.

Lorsqu'on entoure un parc de clôtures, et qu'on y met autant de bêtes fauves que son herbage peut en nourrir, on n'y peut introduire des moutons sans diminuer le nombre des bêtes fauves; de même, on ne peut y donner entrée à aucune autre espèce herbivore, sans que les individus de chacune des espèces qui y avaient été précédemment enfermées ne deviennent proportionnellement moins nombreux.

Une île, où il n'y aurait d'autres animaux carnassiers que des léopards, offrirait un exemple analogue, si elle venait à être envahie par des lions, des tigres et des hyènes; car, dans le cas où la présence de ces animaux ne déterminerait pas la retraite des léopards, elle en réduirait positivement le nombre. Que des sauterelles surviennent ensuite et se reproduisent à foison, bientôt une multitude d'animaux plantivores se trouveront privés de leur subsistance, et par suite même en résul-

tera-t-il une famine, non-seulement pour eux, mais aussi pour les carnassiers; de sorte que les espèces le moins bien établies dans l'île peuvent être ainsi détruites. Or, quoique nos connaissances relativement à l'histoire de la création animée datent d'une époque si récente que nous pouvons à peine suivre le développement ou la disparition d'un animal ou d'une plante, excepté dans les cas où l'homme a fait intervenir son influence, il nous est cependant facile de concevoir ce qui doit arriver lorsqu'une nouvelle colonie de plantes ou d'animaux sauvages pénètre pour la première fois dans une région, et parvient à s'y établir.

Effets supposés de la première apparition de l'ours polaire en Islande. — Examinons maintenant les horribles ravages qu'exercent à certaines époques les ours du Groenland, lorsqu'ils sont amenés en grand nombre par les glaces, sur les rivages de l'Islande. Ces invasions périodiques sont redoutables même pour l'homme; aussi, dès que les ours arrivent, les habitants se réunissent et s'arment pour les poursuivre; tous ceux qui parviennent à en tuer reçoivent une récompense du roi de Danemark. Lorsque, dans leurs expéditions de piraterie, les anciens Danois abordaient sur les côtes d'Angleterre, leur présence n'excitait guère plus d'alarme, et les insulaires de cette contrée ne se réunissaient pas avec moins d'empressement pour défendre leur vie et leurs propriétés contre un ennemi commun, que les Islandais modernes n'en mettent à combattre ces ours formidables. Il arrive souvent, dit Henderson, que les naturels sont poursuivis par l'ours, lorsqu'il est resté longtemps à la mer, et que sa férocité naturelle se trouve augmentée par l'aiguillon de la faim; dans ce cas, s'ils ne sont pas armés, ce n'est guère qu'au moyen de la ruse qu'ils peuvent assurer leur salut (1).

Si l'on remonte, par la pensée, à l'époque où les premiers

1 *Journal of a Residence in Iceland*, p. 276.

ours polaires abordèrent en Islande, c'est-à-dire avant l'établissement de la colonie que les Norwégiens y fondèrent en 874, et si l'on admet qu'une immense barrière de glace, comme celle qui, en 1816 et 1817, disparut de la côte orientale du Groenland qu'elle avait entourée pendant quatre ans, vienne à se rompre, on concevra dès lors qu'ainsi transportés, un grand nombre de ces quadrupèdes pourront faire une descente dans l'île, et exercer, parmi les espèces qui y seront établies, des ravages tels que les bêtes fauves, les renards, les veaux marins et même les oiseaux dont les ours font souvent leur proie, seront bientôt décimés.

Ce n'est là pourtant, sans doute, que la portion la plus faible des divers changements auxquels donnerait lieu la présence des nouveaux envahisseurs. On peut admettre qu'une moindre quantité de plantes dont se nourrissaient les bêtes fauves se trouvant consommée par suite de la diminution numérique de ces espèces herbivores, plusieurs insectes, et probablement aussi quelques testacés terrestres, trouveraient dans ces plantes un surcroît de subsistance propre à déterminer l'augmentation de leur nombre. Par suite, cette augmentation devenant une source d'alimentation pour d'autres insectes et pour certains oiseaux, le nombre de ceux-ci s'accroîtrait également. D'un autre côté, la diminution des veaux marins, en donnant quelque répit aux poissons qui étaient en butte à leurs attaques, leur laisserait la faculté de se reproduire et de poursuivre leurs propres proies. Les oiseaux aquatiques dont les œufs et les petits servaient de pâture aux renards, deviendraient plus nombreux lorsqu'une partie des renards serait détruite par les ours; tandis que les poissons, dont se nourrissaient les oiseaux aquatiques, deviendraient au contraire moins nombreux. Ainsi, les proportions numériques d'un grand nombre des habitants de la terre ferme et de la mer se trouveraient modifiées d'une manière permanente par l'établissement d'une nouvelle espèce dans la région; et les changements produits

indirectement s'étendraient à toutes les classes de la création vivante et se propageraient pour ainsi dire indéfiniment.

Un exemple actuel de ce que nous n'avons proposé ici que comme une hypothèse, nous est fourni par le choix que fait l'eider de petites îles pour y établir sa demeure pendant le temps de l'incubation : son nid se trouve rarement, si même il s'y rencontre jamais, sur les rivages d'un continent ou même d'une grande île. Les Islandais savent si bien cela, qu'ils ont consacré beaucoup de travail à former des îles artificielles, en séparant du continent certains promontoires qui y adhéraient par des isthmes étroits. Cette position insulaire est nécessaire pour garantir les œufs et les jeunes oiseaux de la destruction à laquelle ils seraient exposés partout ailleurs de la part des renards, des chiens et de plusieurs autres animaux. Il arriva une année, dit sir W. Hooker, qu'un renard ayant atteint, en passant *sur la glace,* la petite île de Vidoe, voisine de la côte d'Islande, occasionna les craintes les plus vives au sujet d'un grand nombre d'eiders qui, dans cette île, couvaient alors leurs œufs, ou recouvraient alors leurs petits. Il s'écoula assez de temps avant qu'on parvînt à le prendre; cependant on finit par y réussir en amenant dans l'île un autre renard que l'on enchaîna près du gîte du premier; celui-ci, ainsi attiré, sortit de sa retraite et tomba sous les coups du chasseur (1).

Propagation du renne importé en Islande. — Comme exemple de la rapidité avec laquelle une vaste étendue de pays peut être peuplée par les descendants d'un seul couple de quadrupèdes, nous citerons le fait suivant : sur treize rennes qui, en 1773, furent exportés de Norwége, trois seulement atteignirent l'Islande. Ceux-ci furent lâchés dans les montagnes du Guldbringè Syssel, où ils multiplièrent à tel point, dans le cours de quarante années, qu'en plusieurs dis-

(1) *Tour in Iceland,* vol. I, p. 64, 2e édition.

tricts il n'était pas rare d'en rencontrer des troupes de quarante à cent individus.

Un auteur moderne fait observer qu'en Laponie le renne souffre de son contact avec l'homme, mais que l'Islande est son paradis. Dans l'intérieur, il existe une étendue que Sir G. Mackensie n'évalue pas à moins de 103,555 kilomètres carrés; l'on n'y rencontre point d'habitations humaines, et elle est presque complétement inconnue aux naturels eux-mêmes. Il n'y a point de loups; les Islandais en expulseront les ours; et le renne, n'étant presque point inquiété par l'homme, n'aura aucun ennemi dans cette île, à moins qu'il n'y ait apporté l'insecte qui le tourmente sans cesse (1).

Ulloa dans son Voyage, et Buffon, d'après le témoignage de plusieurs auteurs anciens, rapportent un fait qui démontre clairement la vérité du principe que nous avons déjà énoncé, à savoir l'obstacle que l'accroissement d'une espèce apporte nécessairement à celui d'une autre espèce. Les chèvres que les Espagnols avaient introduites dans l'île de Juan Fernandez s'y propagèrent tellement qu'elles devinrent, sous le rapport de la nourriture, très-utiles aux pirates qui infestaient les mers voisines; mais pour priver ceux-ci de cette ressource, on lâcha dans l'île un grand nombre de chiens qui, à leur tour, multiplièrent prodigieusement, et détruisirent les chèvres sur tous les points accessibles; après quoi le nombre des chiens sauvages diminua sensiblement (2).

C'est ordinairement la première apparition d'un animal ou d'une plante, dans une région à laquelle il avait été jusqu'alors étranger, qui donne lieu aux principaux changements qu'on y observe, puisqu'au bout d'un certain temps l'équilibre se trouve rétabli. Mais il doit s'écouler plusieurs siècles avant qu'une nouvelle combinaison des forces relatives d'un aussi grand nombre d'agents contraires puisse définitivement

(1) *Travels in Iceland in* 1810, p. 342.
(2) Buffon, vol. V., p. 100. *Voyage* d'Ulloa, vol. II, p. 220.

avoir lieu. Les causes qui agissent simultanément sont si nombreuses, qu'elles se combinent d'une infinité de manières différentes; et il faut que toutes ces diverses combinaisons se soient produites une fois, pour qu'on puisse évaluer la somme totale de changement résultant de quelque nouvelle force perturbatrice.

Supposons, par exemple, qu'une fois, dans l'espace de deux siècles, une gelée très-intense, ou une éruption volcanique très-violente, accompagnée d'inondations dues à la fonte des glaciers, se manifeste en Islande; ou qu'une maladie épidémique, sévissant sur le plus grand nombre des individus d'une certaine espèce, mais épargnant les autres, vienne à se déclarer; ces événements et d'autres encore qui tous peuvent arriver soit en même temps, soit à des époques séparées par des intervalles d'inégale durée, doivent se produire avant qu'il nous soit possible d'estimer la modification définitive que la présence d'un nouvel hôte, tel que l'ours ou le renne dont nous parlions tout à l'heure, pourrait occasionner dans la population animale de l'île.

Tout changement dans l'état de la création organique ou inorganique, — un nouvel animal ou une nouvelle plante, une montagne couverte de neige, une modification permanente, quelque faible qu'elle soit comparativement à l'ensemble des changements qui s'accomplissent à la surface du globe, donne lieu à un nouvel ordre de choses, et suffit pour déterminer une altération notable à l'égard d'une espèce ou même de plusieurs. Cependant un essaim de sauterelles pourrait se montrer dans une contrée, de même qu'une gelée d'une intensité extraordinaire, ou une maladie épidémique, s'y manifesteraient, sans produire de grands désordres apparents; nulle espèce ne peut être perdue, et toutes bientôt, redeviennent aussi nombreuses qu'elles l'étaient avant l'apparition de ces fléaux qui, plusieurs fois peut-être, ont déjà visité la région en question. Chaque plante qui était incapable

de résister au froid que nous avons supposé, et chaque animal qui se trouvait exposé à être détruit, soit par une épidémie, soit par la famine résultant des ravages exercés sur la végétation par les sauterelles, avait peut-être déjà péri; d'où il suit que le retour ultérieur de semblables catastrophes ne donne lieu qu'à un changement temporaire.

Destruction des espèces par l'homme. — On peut dire que l'homme est, géologiquement parlant, d'une origine très-moderne, quoique récemment, on ait obtenu des preuves satisfaisantes qu'il a été contemporain du mammouth et de plusieurs autres mammifères éteints, et qu'il a survécu à des changements considérables qui ont eu lieu dans la géographie physique du globe.

Le nombre d'êtres humains qui peuplent la terre aujourd'hui étant généralement évalué à huit cents millions, on conçoit aisément quelle multitude de bêtes féroces, d'oiseaux et d'animaux de toutes les classes, doit avoir déplacé cette population prodigieuse, indépendamment des autres conséquences bien plus importantes encore qui ont dû résulter des modifications introduites par l'homme dans la force relativement numérique de certaines espèces.

Peut-être dira-t-on que l'homme a, jusqu'à un certain point, compensé l'absorption qu'il fait d'une aussi grande quantité de subsistance animale, en augmentant artificiellement la fécondité naturelle du sol, soit par des irrigations et des engrais, soit par le mélange bien entendu de substances minérales transportées de diverses localités; mais, dans tous les cas, il reste à savoir si, en somme, nous fertilisons, ou si nous appauvrissons les terres que nous occupons. Cette assertion pourra peut-être paraître étrange, à cause de l'habitude que l'on a de considérer la stérilité ou la fécondité de la terre eu égard aux besoins de l'homme, et non relativement au monde organique en général. Et d'abord, il est difficile de ne pas admettre que si un marais est converti en terre labou-

rable, et si on lui fait rapporter une récolte de grains, cette récolte ne fût-elle que médiocrement abondante, nous aurons ainsi augmenté la fécondité de la surface habitable, — que nous l'aurons rendue capable d'entretenir une plus forte somme de vie organique. En pareil cas, cependant, un espace qui auparavant n'était d'aucune utilité à l'homme, peut être amendé et acquérir, ainsi, sous le rapport de l'agriculture, une haute importance, lors même que sa végétation deviendrait moins abondante qu'elle ne l'était d'abord. Si un lac vient à être desséché et à être transformé en prairie, l'espace sur lequel il s'étendait produira des végétaux propres à l'alimentation de l'homme et de plusieurs animaux terrestres qui lui sont fort utiles, mais peut-être en quantité moindre que celle qu'il produisait auparavant pour les races aquatiques.

La destruction des hautes et épaisses forêts qui, même dans la période qui embrasse les temps historiques, couvraient une très-grande portion de la surface du globe, actuellement occupée par des nations civilisées, doit en général avoir diminué la somme de nourriture végétale que produisait l'espace sur lequel ces bois s'étendaient. Nous devons aussi comprendre dans notre évaluation l'aire que recouvrent les villes, et celle plus grande encore qu'occupent les routes.

S'il arrive qu'une année on force le sol à produire des récoltes extraordinaires, parfois l'année suivante on est obligé de le laisser reposer. Mais rien ne contrebalance autant les effets résultant des efforts de l'homme pour fertiliser la terre, que la culture extensive de plantes et d'arbustes étrangers; car, bien que renfermant souvent plus de matière nutritive pour l'homme, ils prospèrent rarement avec autant d'abondance que les plantes natives d'un district. Dans le fait, l'homme tend incessamment à diminuer, dans toutes les régions, la diversité naturelle des *stations* d'animaux et de plantes, et à les réduire toutes à un petit nombre bien appropriées aux espèces d'un usage économique. Il peut parfaitement arriver à atteindre ce

but, lors même que la végétation est comparativement pauvre, et que le nombre total des animaux se trouve considérablement amoindri.

Quand, vers l'année 1506, on fit la découverte de Sainte-Hélène, cette île était entièrement couverte de forêts, dont les arbres ombrageaient même les effrayants précipices qui surplombent la mer. Aujourd'hui, dit le Dr Hooker, tout cela est changé : les cinq sixièmes de l'île sont entièrement stériles, et la plus grande partie de la végétation qu'on y observe consiste en plantes provenant de l'Europe, de l'Amérique, de l'Afrique et de l'Australie, qui se sont propagées avec une telle rapidité que les plantes indigènes ne peuvent plus lutter contre elles. Ces espèces exotiques et les chèvres qui, transportées dans l'île, détruisent les forêts en dévorant les jeunes plants, passent pour avoir complètement anéanti une centaine d'espèces particulières et indigènes, toutes perdues pour la science, à l'exception de celles dont des spécimens ont été recueillis par feu le Dr Burchell, et qui sont conservés actuellement dans l'herbier de Kew (1).

Dans le district de Cantorbery, Nouvelle-Zélande, M. Locke Travers écrivait en 1863, que la propagation des plantes étrangères, venant de l'Europe et de plusieurs autres contrées, était d'une rapidité surprenante. Le trèfle des prés (*Polygonum aviculare*), le rumex commun et le laiteron poussent abondamment; le cresson de fontaine se propage avec une telle vigueur, dans les rivières calmes, qu'il menace de les obstruer complètement, et oblige les colons à une dépense annuelle de 7,500 francs pour tenir libre le cours de l'Avon, simple ruisseau qui traverse Christchurch. On a mesuré des tiges de ce cresson de fontaine qui ont donné une longueur de 3m 60 sur 18 millimètres de diamètre. Dans quelques districts montagneux, le trèfle blanc a pris la place des herbes

(1) Hooker, *Insular floras*, *Brit. Assoc.* Nottingham, 1866.

natives, et plusieurs arbres étrangers. tels que le peuplier, le saule et l'acacia d'Australie poussent rapidement. En fait, la jeune végétation indigène paraît s'avouer vaincue et se retirer devant ces envahisseurs vigoureux (1).

Spix et Martius ont donné une description fort intéressante du nombre incroyable d'insectes qui, au Brésil, dévorent les récoltes, sans compter les multitudes de singes, de perroquets et d'autres oiseaux, ainsi que les pacas, les agoutis et les sangliers qui contribuent aussi à étendre ces ravages. Ces deux observateurs ont dépeint les tourments que les moustiques font éprouver au cultivateur et au naturaliste; les dégâts qu'occasionnent les fourmis et les blattes, les dangers auxquels on est exposé sans cesse de la part des jaguars, des serpents venimeux, des crocodiles, des scorpions, des scolopendres et des araignées. Mais avec l'accroissement de la population et le perfectionnement de la culture, de tels fléaux, disent-ils, diminueront peu à peu; lorsque les habitants auront abattu les forêts, desséché les marécages, ouvert des routes dans toutes les directions, fondé des villages et des villes, l'homme triomphera, par degrés, de la végétation excessive et des animaux malfaisants, et tous les éléments se réuniront pour favoriser et récompenser largement ses efforts (2).

De l'extinction totale de certains oiseaux et quadrupèdes indigènes de la Grande-Bretagne. — Examinons maintenant l'influence que l'accroissement de la population a exercée depuis les sept ou huit siècles derniers sur la distribution des animaux indigènes de la Grande-Bretagne. Le Dr Fleming a, dans un remarquable mémoire sur ce sujet, réuni les exemples les plus authentiques de la diminution, ou de la destruction complète de certaines espèces à une époque où la population de l'Angleterre a fait les progrès les plus ra-

(1) Locke, *Travers*, cité par Hooker, *Nat. hist. Rev.*, 1864, p. 124
(2) *Travels in Brazil*, vol. I, p. 260.

pides. Je vais donner une courte analyse des résultats auxquels cet observateur a été conduit (1).

Bien que le cerf, le daim et le chevreuil fussent si nombreux jadis en Angleterre que, suivant Lesley, on en tuait quelquefois de cinq cents à mille dans une seule chasse, les races indigènes seraient déjà détruites, si elles n'eussent été conservées avec soin dans certaines forêts. Quant à la loutre, à la martre et au putois, ils s'y trouvaient en nombre assez considérable pour qu'on les recherchât pour leur fourrure; mais aujourd'hui ce nombre est extrêmement réduit. Dans l'intérêt des basses-cours et des bergeries, le chat sauvage et le renard ont été détruits dans la plus grande partie de la contrée; et les blaireaux ont de même été expulsés de presque tous les districts qu'ils habitaient anciennement.

Indépendamment de ces animaux qui, en quelques points, ont été chassés de leurs retraites, et dont le nombre se trouve partout réduit, il en est quelques-uns qui se trouvent complétement détruits : parmi ceux-ci nous citerons l'ancienne race de chevaux indigènes et le sanglier. Quant aux bœufs sauvages, il en reste encore quelques uns que l'on conserve dans quelques anciens parcs seigneuriaux. Le castor, très-recherché pour sa fourrure, était déjà très-rare à la fin du neuvième siècle; et, suivant Giraldus de Barri, on ne le trouvait plus au douzième siècle, que dans une rivière du pays de Galles, et dans une autre en Écosse. Le loup, jadis si redouté dans les Iles Britanniques, passe pour s'être maintenu en Irlande jusqu'au commencement du dix-huitième siècle (1710), quoiqu'il eût complétement disparu de l'Écosse trente ans auparavant, et bien plus tôt encore de l'Angleterre. L'ours que, dans la principauté de Galles, on comparait pour la chasse au lièvre et au sanglier, ne cesse d'être indigène en Écosse, qu'en l'année 1057 (2).

(1) *Ed. phil. Journ.*, n° XXII, p. 287. Octobre 182[illegible].
(2) Flemming. *Ed. phil. Journ.*, n° XXII, p. 29[illegible].

Plusieurs oiseaux de proie indigènes ont été aussi l'objet d'une persécution incessante. Les aigles, les grands faucons et les corbeaux ont disparu des districts les mieux cultivés. Les lieux qu'habitaient le canard sauvge, la bécassine, le chevalier aux pieds rouges et le butor ont été desséchés, ainsi que ceux qui, l'été, servaient de demeure au vanneau et au courlis. Malgré cela, ces espèces se retrouvent encore, mais dans un état peu prospère, sur quelques points des Iles Britanniques; tandis que les grands coqs de bruyère, autrefois indigènes dans les forêts de pins de l'Irlande et de l'Écosse, ont été détruits vers la fin du dernier siècle, mais ont été de nouveau introduits avec succès dans le Pertshire vers l'année 1824. L'aigrette et la grue, qui paraissent avoir été autrefois très-communs en Écosse, n'y viennent plus aujourd'hui qu'accidentellement, ou en passant (1).

L'outarde (*Otis tarda*), dit Graves, dans son Ornithologie Britannique (2), « se voyait autrefois par bandes de quarante ou cinquante individus, dans les dunes et dans les bruyères de certaines parties de l'Angleterre, tandis qu'aujourd'hui (1821) il est fort rare d'en rencontrer une seule. » Bewick remarque aussi « que ces oiseaux étaient plus communs en Angleterre autrefois qu'à présent; on ne les trouve plus aujourd'hui que dans les comtés découverts du sud et de l'ést,— dans les plaines du Wiltshire, du Dorsetshire, et dans quelques parties du Yorkshire (3). » Pendant le petit nombre d'années qui se sont écoulées depuis que Bewick a écrit ceci, l'outarde a complètement disparu des Iles Britanniques. Peut-être objectera-t-on que ces changements sont consignés dans des mémoires fort imparfaits, et qu'ils n'ont rapport qu'aux animaux les plus grands et les plus remarquables qui habitent un petit coin du globe; quoiqu'il en soit, ils n'en servent pas

(1) Fleming, *Ed. Phil. Journ.*, n° XXII, p. 292.
(2) Vol. III, London, 1821.
(3) Land Birds, vol. I, p. 316, ed. 1821.

moins à nous donner une idée des révolutions énormes que l'espèce humaine doit avoir effectuées dans le cours de plusieurs milliers d'années.

Extinction du Dodo. — Le nombre des kangourous et des émeus avait déjà diminué beaucoup en Australie avant que la colonisation y eût fait de grands progrès ; et il n'est guère possible de douter que la culture générale de cette contrée n'amène leur destruction complète. L'exemple le plus frappant de la perte d'une espèce remarquable, même dans les deux siècles derniers, est celle du dodo, — oiseau que les Hollandais virent les premiers lorsque, immédiatement après la découverte d'un passage conduisant aux Indes Orientales par le cap de Bonne-Espérance, ils débarquèrent à l'Ile-de-France qui était alors inhabitée. Cet oiseau était très-grand et d'une forme singulière : ses ailes, courtes comme celles de l'autruche, étaient tout-à-fait incapables de soutenir le poids de son corps, même pendant un vol très-court, et son *facies* général différait de celui de l'autruche, du casoar ou de tout autre oiseau connu (1).

Plusieurs naturalistes ont donné des figures du dodo depuis le commencement du dix-septième siècle, et le *British Museum* en possède une, coloriée, que l'on dit avoir été faite d'après un individu vivant. Au-dessous de cette peinture, se voit une jambe en très-bon état de conservation, que les ornithologistes s'accordent à regarder comme ne pouvant appartenir à aucun autre oiseau connu. Dans le Museum d'Oxford, on voit aussi un pied et une tête dans un mauvais état de conservation.

Malgré les recherches les plus actives faites pendant le siècle

(1) On a quelquefois exprimé le regret que les inscriptions gravées sur les pierres tumulaires ne donnaient, sur les individus défunts, que des renseignements relatifs à leur naissance ou à leur mort, accidents auxquels sont sujets tous les hommes. Mais l'extinction d'une *espèce* est, en histoire naturelle, un événement si remarquable, que son souvenir mérite d'être précieusement conservé. Aussi, est-il d'un très-haut intérêt de trouver, dans les archives de l'Université d'Oxford, l'année

dernier, on n'a pu recueillir aucune information à l'égard du dodo; quelques auteurs même ont été jusqu'à prétendre qu'il n'avait jamais existé; mais un grand nombre de preuves suffisantes à l'appui de l'existence récente de cette espèce ont été recueillies par M. Broderip, ainsi que par M. Strickland et le Dr Melville (1). M. Strickland, d'accord avec le professeur Reinhardt, de Copenhague, pour rapporter le dodo aux colombides, appelle cet oiseau « un pigeon frugivore de la famille du vautour. » Il paraît aussi qu'un autre oiseau à courtes ailes, appartenant au même ordre des colombides, et connu sous le nom de « le solitaire » habitait l'île de Rodrigues, située à 480 kilomètres de l'île Maurice, et qu'il a été complétement détruit par l'homme, de même que l'ont été un ou deux oiseaux différents, mais alliés, de l'île Bourbon (2). En 1865, quelques parties du squelette d'un dodo furent retirées d'un marais voisin de la mer, dans l'île Maurice, et furent envoyées au professeur Owen, qui en donna la description dans les *Transactions de la Société zoologique*, pour l'année 1867. Il regarde l'oiseau éteint comme un grand « pigeon massif » de l'île Maurice, et suppose que cette espèce particulière a pris naissance dans cette île inhabitée et couverte de bois épais, où ne se trouvait aucun animal assez puissant pour lutter avec elle, et la forcer de prendre son vol, pour échapper aux poursuites de l'ennemi. Il conçoit donc que, « trouvant assez de nourriture à la surface du sol, le dodo aurait cessé d'employer ses ailes pour soulever son corps pesant, et qu'il aurait ainsi graduellement augmenté de volume dans le cours de plusieurs générations. Par suite les organes du vol se seraient, conformément aux principes de Lamark, atrophiés par défaut

et le jour précis où l'on se débarrassa de ce qui restait d'un spécimen de dodo, que l'on avait laissé pourrir dans le Ashmolean Muséum. Ces reliques, nous dit-on, furent a « musæo subducta, annuente vice-cancellario aliisque curatoribus, ad ea lustranda convocatis, die Januarii 8o. A. D. 1775. » *Zool. Journ.*, no 12, p. 559, 1828.

(1) *Penny Cyclopædia* DODO, 1837.

(2) Strickland et Melville, *Sur le Dodo*, etc., London, 1848.

d'usage, et auraient diminué en force et en grandeur, tandis que les membres inférieurs ayant un poids toujours supérieur à supporter, et s'exerçant par la marche habituelle sur le sol, auraient pris de plus grands développements (1). »

Propagation rapide des quadrupèdes domestiques sur le continent Américain. — Après l'action directe de l'homme, son influence indirecte sur l'accroissement numérique des grands herbivores appartenant à des races domestiquées, peut être regardée comme une des causes les plus manifestes de l'extinction des espèces. Sous ce rapport et sous plusieurs autres, l'introduction du cheval, du bœuf et d'autres mammifères en Amérique, et leur propagation rapide sur ce continent, pendant les trois derniers siècles, sont des faits d'une grande importance en histoire naturelle. Les immenses troupeaux de bétail et de chevaux sauvages qui couvrent les plaines de l'Amérique du Sud doivent leur origine à quelques couples seulement qui y furent amenés par les Espagnols; ils prouvent que la distribution géographique étendue des grandes espèces dans de vastes continents n'implique pas nécessairement qu'elles y aient existé depuis des époques fort anciennes.

Humboldt, dans ses voyages, rapporte, d'après Azara, que dans les Pampas de Buenos-Ayres il y a, à ce que l'on croit, douze millions de vaches et trois millions de chevaux, sans comprendre dans cette énumération les bestiaux qui sont censés n'avoir pas de propriétaires. Dans les Llanos de Caracas, les riches *hateros*, ou propriétaires de fermes pastorales, ignorent complétement le nombre de têtes qu'ils possèdent. Ils ne connaissent que celui des jeunes bestiaux qui sont marqués, tous les ans, d'une lettre ou d'un signe propre à chaque troupeau. Les plus riches propriétaires marquent jusqu'à 14,000 bestiaux chaque année (2). Dans les plaines septen-

(1) *Zool. Soc. Trans.*, 1862.
(2) *Pers. Nar.*, vol. IV.

trionales qui s'étendent depuis l'Orénoque jusqu'au lac de Maracaybo, M. Depons compte 1,200,000 bœufs, 180,000 chevaux et 90,000 mulets (1). Dans quelques parties de la vallée du Mississipi, particulièrement dans le pays des Osages Indiens, les chevaux sauvages étaient extrêmement nombreux dans la première partie de ce siècle.

L'introduction du gros bétail en Amérique date du second voyage de Christophe Colomb à Saint-Domingue. Il se multiplia rapidement dans cette île, qui devint une sorte de pépinière d'où ces animaux furent successivement transportés en diverses parties de la côte du continent, et de là dans l'intérieur. Malgré ces nombreuses exportations, vingt-sept ans après la découverte de l'île, des troupeaux de 4,000 têtes n'étaient pas rares, au dire d'Oviedo, et quelques-uns même s'élevaient à 8,000. En 1587, le nombre de peaux exportées de Saint-Domingue seulement, fut, suivant Acosta, de 35,444; et dans le cours de la même année, on en exporta 64,350 des divers ports de la Nouvelle-Espagne. Cette année était la soixante-cinquième après la prise de Mexico, événement avant lequel les Espagnols qui vinrent dans cette contrée n'avaient pu s'occuper que de guerre (2). Personne n'ignore que ces animaux sont actuellement établis dans tout le continent Américain, depuis le Canada jusqu'au détroit de Magellan.

Les ânes ont généralement prospéré dans le Nouveau-Monde; et Ulloa nous apprend que dans la province de Quito ils devinrent sauvages et multiplièrent au point que leur nombre finit par se trouver trop considérable. Ils paissaient en troupeaux, et se défendaient avec leur bouche lorsqu'on les attaquait. Si un cheval venait à s'égarer dans leurs pâturages, le troupeau entier se jetait sur lui, ne cessant de le mordre et de le frapper à coups de pieds que lorsqu'il tom-

(1) *Quarterly Review*, vol. XXI, p. 335.
(2) *Quarterly Review*, ibid.

bait mort (1). Ce fait nous donne un exemple de l'influence souvent considérable qu'a la première occupation du sol par une espèce, l'un des obstacles dont nous avons déjà parlé (p. 447), comme limitant la distribution des autres espèces.

Les premiers porcs furent transportés en Amérique par Colomb, et établis dans l'île de Saint-Domingue l'année qui suivit sa découverte, en novembre 1493. Peu d'années après, ils furent introduits en d'autres localités où les Espagnols fondèrent des colonies; et dans l'espace d'un demi-siècle, ils se trouvèrent établis dans le Nouveau-Monde, depuis le 25ᵉ degré de latitude nord jusqu'au 40ᵉ sud. Les moutons et les chèvres ont, ainsi que le chat et le rat, multiplié considérablement aussi dans le Nouveau-Monde; mais ce dernier animal y a, comme nous l'avons déjà vu, été importé involontairement dans des vaisseaux. Les chiens introduits par l'homme en Amérique, où ils sont devenus sauvages à plusieurs époques, chassaient par bandes, comme le loup et le chacal, détruisant non-seulement les porcs, mais aussi les veaux, le jeune bétail et les poulains sauvages.

Indépendamment des quadrupèdes dont nous venons de parler, nos oiseaux de basse-cour ont également réussi aux Antilles et en Amérique, où l'on a la poule commune, l'oie, le canard, le paon, le pigeon et la pintade. Comme souvent ces oiseaux ont été brusquement transportés de régions tempérées dans des contrées très-chaudes, on n'est parvenu à les élever qu'avec les plus grandes difficultés. Mais, après quelques générations, ils se sont trouvés habitués au climat, qui, dans beaucoup de localités se rapproche beaucoup plus que celui de l'Europe de la température de leurs contrées natales. Depuis la découverte de l'Amérique, la propagation qui a eu lieu, dans tout le nouveau continent, de tant de millions d'individus sauvages et privés, appartenant presque tous aux plus

(1) *Voyage d'Ulloa. Wood's Zool.*, vol. I, p. 9.

grands quadrupèdes et aux plus grands oiseaux de nos espèces domestiques, tandis qu'aucun perfectionnement appréciable n'a pu être apporté dans les moyens de production propres à cette vaste région, nous montre pleinement quels changements extraordinaires déterminent la diffusion et l'accroissement progressif de la race humaine sur le globe.

L'homme n'a pas le pouvoir exclusif de détruire des espèces. — Mais si nous considérons que plusieurs millions de kilomètres carrés du sol le plus fertile, occupés originairement par des formes animales et végétales, aussi nombreuses que variées, ont déjà été soumis à la domination de l'homme, et forcés, en quelque sorte, de produire une grande quantité de nourriture, tant pour lui que pour un nombre limité d'animaux et de plantes, dont par ses soins le nombre s'est augmenté, nous devons être convaincus qu'une multitude d'espèces ont déjà été détruites, et que d'autres le seront aussi à leur tour, dans certaines régions, et cela avec d'autant plus de rapidité que des colonies de nations, très-avancées en civilisation, se répandront sur des terres inhabitées.

Cependant, si à mesure que nous avançons nous portons partout le glaive de l'extermination, nous n'avons aucune raison de déplorer les ravages commis, ni d'imaginer, avec le poëte écossais, que « nous violons l'union sociale de la nature, » non plus que de nous plaindre avec le mélancolique Jacques, de ce que « nous sommes de vrais usurpateurs, des tyrans, et, ce qui est pire encore, de ce que nous portons le trouble parmi les animaux et les tuons au lieu même de leur naissance et de leur demeure (1). »

En prenant ainsi possession de la terre par droit de conquête, et en employant la force pour défendre nos acquisitions, nous n'exerçons point une prérogative exclusive. Cha-

(1) *Are mere usurpers, tyrants, and what's worse,*
To fright the animals and to' kill them up
In their assign'd and native dwelling-place.

que espèce qui, d'un petit point, s'est répandue sur un vaste espace doit, de même, avoir marqué ses progrès par la diminution ou la destruction complète de quelque autre espèce, et doit défendre son territoire par une lutte victorieuse contre les empiétements d'autres plantes et d'autres animaux. « La nielle, » cette petite plante parasite que l'on trouve dans le blé, a déjà, comme la mouche de Hesse, la sauterelle et l'aphis, occasionné la famine parmi « les maîtres de la création. » De même que le lion, lorsqu'il commença à se répandre dans les régions tropicales de l'Afrique, les espèces les plus chétives et les plus insignifiantes, soit dans le règne animal, soit dans le règne végétal, ont fait chacune des milliers de victimes, à mesure qu'elles se sont disséminées sur le globe.

Dernières remarques et conclusions sur l'extinction des espèces. — De ce que nous venons de dire sur les effets des changements qui ne cessent de s'opérer dans la condition de la surface habitable du globe, et sur la manière dont quelques espèces tendent constamment à élargir leurs limites aux dépens d'autres espèces, on peut déduire, comme corollaire, que les espèces existant à une époque donnée doivent, dans le cours des âges, s'éteindre les unes après les autres. « Elles doivent disparaître, » pour me servir d'une expression hardie de Buffon, « parce que le temps combat contre elles. »

Si c'est là une loi du monde organique, si chaque espèce perd continuellement quelques-unes de ses variétés et chaque genre quelques-unes de ses espèces, il suit que les chaînons transitionnels qui, conformément à la doctrine de Transformation, doivent avoir jadis existé, manqueront dans le plus grand nombre des cas. Or nous savons par les investigations géologiques que, pendant le cours d'une infinité de siècles, la création animée tout entière a été décimée à plusieurs reprises, et qu'il n'est souvent resté qu'un seul représentant de tout un type autrefois prépondérant, ou dont les espèces fossiles se comptent par centaines. La disparition d'ordres entiers

s'observe rarement, bien qu'elle soit un fait notable parmi les reptiles, qui ont perdu quelques ordres caractérisés par une organisation supérieure à celle des survivants actuels de cette classe. Certains genres de plantes et d'animaux qui, pendant la période Tertiaire, auraient complétement fait défaut, ou qui ont été faiblement représentés, se montrent aujourd'hui riches en espèces, et paraissent être en si parfaite harmonie avec les conditions présentes de l'existence, qu'ils nous offrent un nombre de variétés incalculable, de nature à confondre le zoologiste ou le botaniste qui entreprend de les décrire et de les classer.

Nous n'avons qu'à réfléchir aux causes d'extinction énumérées dans ce chapitre, pour qu'il nous soit facile de prévoir l'époque où, même dans ces genres, il existera de si nombreuses lacunes, par suite de tant de formes transitionnelles perdues, qu'on n'éprouvera plus aucune difficulté à assigner des limites définies à chaque espèce. On voit donc que, de nos jours comme à une période quelconque du passé, le mélange d'une forme générique ou spécifique avec une autre, doit être regardé comme une exception à la règle générale, parce que les formes survivant à un moment donné auront été exposées pendant une longue suite de périodes antérieures à ces causes puissantes d'extinction qui opèrent avec lenteur, mais d'une manière incessante, dans les mondes organique et inorganique.

Le Dr Hooker, à propos de la perte d'une centaine d'espèces de plantes qui s'est faite à Sainte-Hélène, dans le cours des trois cent cinquante dernières années (1), remarque « que chacune de ces espèces était un anneau dans la chaîne des êtres créés, laquelle renfermait dans ses diverses parties la preuve, irrévocablement perdue aujourd'hui, d'affinités existant avec d'autres espèces, tant vivantes que disparues. »

Suivant l'opinion de Darwin, les genres qui, dans l'état

(1) Voir ci-dessus, p. 580.

actuel du globe, sont le plus prépondérants, sont aussi ceux qui comprennent les espèces les plus variables. C'est dans ces genres que la formation de nouvelles races ou « d'espèces commençantes » se poursuit avec le plus d'activité, tandis que dans la majorité des genres et des familles plus anciens les espèces ne cessent pas de s'éteindre. Or, tel a toujours été l'ordre suivi par la Nature, et ce qui le prouve c'est le fait que, tandis que certaines formes sont caractéristiques de chaque période géologique, ces mêmes formes sont inconnues ou faiblement représentées, soit dans les strates plus anciennes, soit dans les formations de date plus récente.

Ceux qui pensent que, pour que la théorie de Transformation soit vraie, on doit découvrir à l'état fossile tous les liens intermédiaires qui reliaient autrefois entre eux les types les plus dissemblables, sont forcés d'admettre implicitement que la Nature a fait entrer dans son plan de laisser dans la suite des siècles des traces permanentes de ses œuvres, animales ou végétales. Pourtant ces mêmes contradicteurs oseraient à peine s'attendre à ce que les espèces végétales dont nous venons de parler comme ayant disparu si récemment à Sainte-Hélène, eussent toutes laissé des signes de leur existence dans le sein de la croûte terrestre. Dans le chapitre XIV, j'ai parlé de la nature fragmentaire de nos documents géologiques (1), affirmant de nouveau ce que j'avais déjà dit en 1833, qu'il est presque impossible d'exagérer la défectuosité de nos archives. Ces documents, de même que les espèces existantes, disparaissent constamment devant nos yeux, tandis que de nouveaux dépôts, renfermant les monuments partiels de la faune et de la flore modernes, sont actuellement en voie de formation. Mais, comme les strates nouvelles sont surtout déposées, hors de portée de notre observation, dans les bassins de mers et de lacs, leur origine nous est moins apparente que

(1) Voir vol. I, p. 316-321.

ne l'est la destruction des monuments de date plus ancienne.

De même aussi, comme je l'ai déjà constaté (p. 344), l'extinction des formes anciennes est bien plus facile à prouver que la venue à l'existence des nouvelles. C'est ainsi qu'on pourrait voir dans une vaste forêt un grand arbre renversé par le vent, ou abattu par la hache, chaque jour de l'année, et ne trouver cependant, après cinquante ans, aucune différence dans cette forêt, sous le rapport du nombre et des dimensions des arbres qui la composent, parce que la croissance quotidienne du bois, disséminée sur plusieurs milliers d'arbres, aurait produit chaque jour une quantité de feuillage et de ligneux égale en somme à celle qui est contenue dans un seul arbre parfaitement développé. De la même manière, si une espèce disparait annuellement, ainsi qu'il a été dit (p. 346), la perte qui en résulte peut être compensée par la somme des changements permanents qui, dans le cours d'une seule année, s'effectuent à l'aide de la Variation et de la Sélection Naturelle parmi des milliers d'espèces.

CHAPITRE XLIII

DE L'HOMME CONSIDÉRÉ AU POINT DE VUE DE SON ORIGINE ET DE SA DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE.

Distribution géographique des races humaines. — Canots poussés à de grandes distances. — L'homme, comme les autres espèces, est parti pour se répandre d'un point unique, ou d'un espace limité. — De la question de savoir si la structure corporelle de l'homme est devenue plus stationnaire en raison du progrès de son intelligence. — Grande ancienneté des races humaines les plus tranchées. — Coïncidence générale de la distribution de ces races avec les grandes provinces zoologiques. — Race Indo-Américaine commune aux régions Néarctique et Néotropicale. — De l'homme type de l'ancien monde. — Ligne marquée de séparation entre la race Malaise et la race Papoue. — De la distinction entre le Nègre et l'Européen, et de la question de l'origine multiple de l'homme. — Variété humaine à six doigts. — Régénération de doigts surnuméraires après amputation. — Portée de ces faits relativement à la mutabilité de l'organisation humaine. — Ils sont attribués par Darwin à la reversion. — De la question de savoir si l'homme a été déchu d'un état supérieur de civilisation, ou s'il a été élevé d'un état inférieur. — Diminution graduelle dans le nombre des langages et des races. — Gaudry, sur les formes intermédiaires entre les mammifères du Miocène Supérieur et les mammifères vivants. — Parenté des quadrumanes du Miocène avec les quadrumanes actuels. — Owen, sur les classifications des mammifères d'après leur développement cérébral. — Avancement progressif dans la capacité cérébrale des vertébrés. — Perfectionnements de la conformation cérébrale de l'homme. — De la question de savoir s'il existe une loi fixe de progrès. — Examen des objections à la théorie de Sélection Naturelle de Darwin. — Du grand pas que l'on aura fait le jour où l'on démontrera que les espèces se développent suivant les lois ordinaires de reproduction. — Des causes de répugnance à croire à l'origine développée de l'homme.

Distribution géographique des races humaines. — Je présenterai dans ce chapitre quelques observations sur la distribution géographique des différentes races humaines; et j'examinerai si, en admettant la doctrine de Transformation comme étant la plus probable dans le cas des mammifères inférieurs, on est tenu d'embrasser la même hypothèse relativement à l'origine de l'espèce humaine.

Longtemps avant que les géologues eussent réussi à retrouver les signes de l'existence de l'homme à l'époque reculée où l'Europe était habitée par des espèces de quadrupèdes tels que l'éléphant, le rhinocéros, l'ours, le lion, l'hyène

et d'autres animaux éteints, plusieurs naturalistes s'étaient déjà livrés à des conjectures sur la place probable qui fut le berceau de l'humanité, — sur le point d'où partit le flot de l'émigration, en admettant que la race humaine tout entière est descendue d'un seul couple. On s'est toujours plu à supposer que ce lieu de naissance était situé entre les tropiques ou dans leur voisinage, c'est-à-dire dans une région où règne un été perpétuel, et où les fruits, les plantes et les racines se reproduisent en abondance pendant toute l'année, un tel climat convenant, dit-on, à un être qui vint au monde sans que rien abritât son corps, et qui, dans l'origine, ne possédait ni l'art de construire des habitations, ni celui de se préparer des vêtements.

« L'état de chasseur, » a-t-on dit, « que Montesquieu considérait comme le premier auquel l'homme dut parvenir, ne fut probablement que le second; car la réunion d'un si grand nombre d'arts était nécessaire pour en venir à prendre soit un saumon, soit un daim, que la société devait, depuis longtemps, n'être plus dans l'enfance lorsque ces arts furent mis en usage (1). » Quand les régions où abondent spontanément les fruits de la terre devinrent trop peuplées, les hommes se répandirent naturellement sur les contrées voisines de la zone tempérée; mais il s'écoula sans doute un temps considérable avant qu'ils fussent amenés à prendre ce parti; et, ainsi que l'observe l'auteur que nous venons de citer, il se pourrait qu'avant que la multiplication de leur nombre et l'accroissement de leurs besoins les eussent forcés à émigrer, déjà quelques arts, bien plus grossiers que ceux que nous voyons aujourd'hui en pratique chez les sauvages, eussent été inventés par les premiers hommes dans le but de s'emparer des animaux. A « mesure que leurs habitations s'avançaient dans la zone tempérée, les nouvelles difficultés qu'ils avaient à sur-

(1) *Brand's select. Dissert.*, citation des *Amœn. Acad.*, vol. I, p. 118.

monter développaient de plus en plus en eux l'esprit d'invention, et les résultats des efforts tentés dans ce but devaient nécessairement s'accroître avec le nombre des individus soumis aux mêmes nécessités (1). »

Sir Humphry Davy, dont les idées s'accordent pour la plupart avec celles que nous venons d'exposer, fait intervenir, dans le second dialogue de son ouvrage, un personnage qui réfute la théorie suivant laquelle la race humaine a toujours progressé de l'état sauvage à l'état civilisé, et il allègue à l'appui de son opinion que « le premier homme dut inévitablement succomber sous l'influence des éléments, ou être dévoré par les animaux féroces dont la force physique est infiniment supérieure à la sienne (2). » Mais cette difficulté n'existe plus si, comme nous l'avons dit, on assigne pour berceau à la race humaine quelqu'une des grandes îles situées entre les tropiques, et qui ne renferme point de grands animaux féroces. Dans ce cas, l'espèce humaine aurait pu, pendant une certaine période, rester limitée à une seule île, absolument de même que plusieurs des grandes espèces anthropomorphes sont aujourd'hui particulières à quelque île tropicale. Il se pourrait aussi que la race nouvelle eût véeu pendant longtemps en sécurité dans une pareille situation, et que tout en y étant bien plus privée de ressources que ne le sont les sauvages de la Nouvelle-Hollande, elle y eût trouvé une abondante nourriture végétale. Enfin, il serait possible que des colonies eussent été envoyées de cette contrée mère dans diverses autres régions, et que, conformément à l'hypothèse dont nous parlions tout à l'heure, la terre se fût ainsi trouvée peuplée.

Dans un état de société peu avancé, la nécessité de chasser agit comme principe de répulsion, donnant aux hommes l'occasion de se répandre avec la plus grande rapidité dans une

(1) *Brand's select. Dissert.*, citation des *Amœn. Acad.*, vol. I, p. 118.
(2) Sir H. Davy, *Consolations in travel.*, p. 74.

contrée, jusqu'à ce qu'elle soit entièrement couverte d'établissements épars. On a calculé que 324 hectares de terre propre à la chasse ne produisent de substance alimentaire que ce qu'en donnent 0$^{hect.}$ 202 de terre arable. Quand le gibier est en grande partie détruit, et que les terres sont couvertes d'abondants pâturages, les diverses tribus de chasseurs, étant déjà disséminées, peuvent en très-peu de temps concourir à l'accroissement de l'espèce humaine, proportionnellement au nombre d'individus que comporte l'état pastoral. « La nécessité, dit Brand, ainsi imposée aux sauvages soumis soit à la vie des bois, soit à la vie des champs, de se disperser sur tous les points de leur contrée, montre comment, à une époque très-ancienne, les parties les moins favorisées de la terre ont pu devenir habitées. »

Mais cette raison, dira-t-on, n'est applicable qu'à ce qui regarde le peuplement d'un grand continent; car presque toujours on a trouvé les petites îles, pour si éloignées qu'elles fussent des continents, habitées par l'homme. Sainte-Hélène, il est vrai, présente une exception à cet égard, car lorsque cette île fut découverte en 1501, elle n'était habitée que par des oiseaux aquatiques, et visitée accidentellement par quelques veaux marins et quelques tortues (1). Les îles Maurice, Bourbon, Pitcairns, Juan Fernandez, et celles de l'archipel des Galapagos, dont l'une a 112 kilomètres de longueur, étaient inhabitées lorsqu'on les découvrit pour la première fois; et ce qu'il y a de plus remarquable encore, c'est que les îles Falkland qui, ensemble, ont 192 kilomètres de long sur 96 de large, et qui abondent en substances propres à la nourriture de l'homme, n'étaient point habitées non plus.

Canots poussés à de grandes distances. — Parmi le grand nombre d'îles de coraux et de volcans de l'océan Pacifique, capables de nourrir un petit nombre de familles hu-

(1) Voir p. 580.

maines, il n'en est que fort peu qui aient été trouvées inhabitées ; nous aurons donc à examiner d'où et comment ces sauvages ont pu émigrer, si tous les membres de la grande famille humaine ont eu une origine commune. Le capitaine Cook, M. Forster et plusieurs autres voyageurs font remarquer qu'il a dû souvent y avoir des partis de sauvages égarés dans leurs canots, et poussés vers des rivages lointains où ils ont été forcés de rester, n'ayant ni les moyens ni les connaissances nécessaires pour pouvoir regagner leur pays. Ainsi Cook trouva sur l'île de Ouateva trois habitants de Taïti, qui y avaient été poussés dans un canot, bien que la distance entre les deux îles soit d'environ 880 kilomètres. En 1696, deux canots contenant trente personnes, et qui partaient d'Ancorso, furent jetés par les vents contraires et les tempêtes sur l'île de Samar, l'une des Philippines, éloignée de 128 kilomètres. En 1721, deux pirogues, dont l'une avait à bord vingt-quatre personnes et l'autre six, hommes, femmes ou enfants, furent entraînées d'une île appelée Farroilep jusqu'à celle de Guaham, l'une des Mariannes, à une distance de 320 kilomètres (1).

Kotzebue, en explorant les îles de coraux de Radack, à l'extrémité orientale des îles Carolines, rencontra un individu nommé Kadu, qui était natif d'Ulea, île située à 2,400 kilomètres de celle où il se trouvait, et d'où il avait été chassé par le vent dans une embarcation contenant plusieurs autres personnes. Kadu et trois de ses compatriotes, ayant un jour quitté Ulea dans un canot, avaient été assaillis par un violent orage qui les jeta hors de leur route ; ils furent ballottés en pleine mer pendant huit mois, ainsi qu'ils purent en juger par le cours de la lune, faisant chaque fois qu'elle était nouvelle un nœud à une corde. Pêcheurs habiles, ils vécurent entièrement des produits de la mer ; et quand il pleuvait ils

(1) *Géographie* de Malte-Brun, vol. III, p. 419.

recueillaient autant d'eau que leurs vases pouvaient en contenir. « Kadu, dit Kotzebue, qui était excellent plongeur, descendait souvent jusqu'au fond de la mer où l'on sait que l'eau est moins salée, muni d'une coque de noix de coco, qui avait une très-petite ouverture (1). » Lorsque ces malheureux atteignirent les îles de Radack, tout espoir, et, pour ainsi dire, tout sentiment étaient éteints en eux; depuis longtemps, leurs voiles étant détruites, ils se trouvaient à la merci des vagues et des vents, et, lorsqu'ils furent recueillis par les habitants d'Aur, ils étaient dans un état d'insensibilité presque complète; mais grâce aux soins hospitaliers de ces insulaires, ils furent bientôt remis, et recouvrèrent une parfaite santé (2).

Le capitaine Beechey, lors de son voyage dans l'océan Pacifique, rencontra quelques naturels des îles de Coraux, qui avaient été emportés de la même manière à une grande distance de leur pays natal. Ils s'étaient embarqués, au nombre de cent cinquante, à l'île de la Chaine ou d'Annaa, située à près de 480 kilomètres à l'est d'Otaïti, dans trois doubles canots. Surpris par la mousson qui, après avoir dispersé leurs canots et les avoir poussés au loin dans l'océan, les avait laissés dans un calme plat, un grand nombre de ces naturels périrent. On n'entendit jamais parler de deux de leurs canots, mais le troisième fut poussé vers deux îles désertes, où les voyageurs purent faire quelques provisions; enfin, après avoir erré jusqu'à la distance de 960 kilomètres, ils furent rencontrés par le *Blossom*, qui les ramena dans leur pays (3).

Je tiens de M. Crawfurd que plusieurs récits authentiques font mention de canots qui furent poussés de Sumatra à Madagascar; c'est ainsi qu'une partie du langage Malais, et que

(1) Chamisso remarque que l'eau qu'ils rapportaient du fond, et qu'ils regardaient comme plus douce que celle de la surface, devait être aussi plus froide. On s'explique difficilement pourquoi, à l'exception des points où peuvent sourdre des sources sous-marines, l'eau, près du fond, était moins salée.

(2) *Kotzebue's Voyag.*, 1815-1818. *Quarterly Review*, vol. XXVI, p. 361.

(3) *Narrative of a Voyage to the Pacific.*, etc., pendant les années 1825, 1826, 1827, 1828, p. 170.

quelques plantes utiles se trouvèrent transportées dans cette île, dont la population se compose principalement de nègres.

Dans quelques-uns de ces exemples, l'espace traversé est si considérable que l'on conçoit facilement que, par suite de pareils accidents, des canots aient pu passer de diverses parties de l'Afrique aux rivages de l'Amérique Méridionale, ou de l'Espagne aux Açores, et de là dans l'Amérique du Nord. Ainsi, même à l'état de société le moins avancé, l'homme peut être disséminé involontairement sur le globe par les vents et par les vagues, comme le sont un grand nombre d'animaux et de plantes. Doit-on s'étonner, d'aprés cela, que, pendant les siècles qui s'écoulèrent avant que quelques tribus de la race humaine eussent atteint un degré de civilisation assez avancé pour que le navigateur pût traverser l'océan en tous sens avec sécurité, la terre entière ait servi de demeure à de grossières tribus de pêcheurs et de chasseurs? Si le genre humain se trouvait détruit aujourd'hui en totalité, à l'exception d'une seule famille habitant soit l'ancien ou le nouveau continent, soit l'Australie, ou même quelque île de coraux de la mer Pacifique, il est à croire que les individus qui en proviendraient, lors même qu'ils ne devraient jamais être plus éclairés que les Australiens, les insulaires de la mer du Sud ou les Esquimaux, se répandraient, dans le cours des siècles, sur toute la terre, soit par suite de la tendance de la population à s'accroître dans un district limité au delà des ressources alimentaires qu'offre ce district, soit au moyen du transport accidentel de canots poussés par les marées et par les courants vers des rivages éloignés.

L'homme s'est répandu d'un point unique de départ. — L'étroite affinité que montrent toutes les races humaines, dans leur conformation corporelle, dans leurs attributs intellectuels et moraux, et dans la manière dont leurs variétés les plus divergentes se sont mariées entre elles et confondues les unes dans les autres, nous oblige à croire que les espèces,

avant qu'elles eussent commencé de se répandre comme nous venons de le supposer, possédaient essentiellement tous lès caractères dont elles jouissent aujourd'hui. Or, plus on étudie les relations de l'homme avec le reste du monde organique, et plus on trouve qu'il est complétement soumis aux mêmes lois générales; et si l'on admet que chaque espèce animale a eu un seul lieu de naissance, il est donc naturel de s'attendre à ce que l'homme ne fasse pas exception à la règle, et qu'il se soit répandu aussi sur les continents et les iles en rayonnant d'un point unique comme centre. Mais ce n'est pas à dire pour cela que tous les hommes descendent d'un seul couple. Certes, si l'on embrasse la doctrine de Transformation, le procédé par lequel une nouvelle espèce vient à l'existence est bien loin d'être simple, et il n'est pas facile de se former une idée exacte de son élaboration pendant cette période transitionnelle où certaines variétés, tendant vers une direction donnée, gagnent incessamment du terrain sur les autres dans la lutte pour l'existence. Sous l'influence constante des mêmes conditions extérieures, les caractères de ces variétés acquièrent plus d'intensité dans une longue suite de générations, et lorsqu'ils finissent par devenir fixes et permanents, il peut arriver que le type ancêtre ait péri, ou qu'il survive quelquefois dans certaines stations, les formes intermédiaires ayant été absorbées dans l'un ou dans l'autre des deux types extrêmes. Pendant une période où le pouvoir de Variation et de Sélection se sera exercé avec tant d'activité, un nombre considérable d'individus, étroitement alliés dans leur organisation, se croiseront librement et se multiplieront dans les limites d'une certaine région géographique, en transmettant à leurs descendants les propriétés dont ils jouissent sous le rapport intellectuel et physique. Mais, lorsqu'une population, nombreuse et homogène, se sera ainsi formée, et que ses caractères auront été fixés par l'hérédité, il s'écoulera beaucoup de temps avant que les changements qui viendront ensuite

modifier le climat, le sol, la nourriture, ou d'autres conditions, et, relativement à l'homme, les coutumes et les institutions, puissent occasionner quelque déviation marquée du type normal.

Que l'on ait tant de peine à se figurer la manière dont peut se produire une espèce par Variation et Sélection, cela n'a rien de surprenant, si l'on considère combien il est difficile de se faire une idée nette de la naissance et de l'établissement d'un nouveau langage, même quand on peut affirmer que son origine ne remonte qu'à peu de siècles avant notre époque. Prenons la langue Anglaise, par exemple; il ne serait pas facile de fixer exactement l'année ou la génération pendant laquelle elle a été formée, ou de la suivre à travers ses diverses phases de transition, soit au moment où son fonds Anglo-Saxon se modifia par l'incorporation qui s'y fit de termes et d'idiomes Français, Danois et Latins, soit aux époques où de nouveaux modes de prononciation furent mis en vogue, et où furent inventées des expressions neuves et originales. L'unité et la permanence de caractère qui résultèrent finalement du mélange de ces matériaux hétérogènes constituent un phénomène singulier, auquel il faut ajouter le fait, non moins remarquable, du peu de souplesse que montre ce même langage, quand il est transplanté dans des régions éloignées. Sa tendance à varier et à se transformer ne cesse jamais, de sorte qu'il se serait déjà dénaturé, en passant à des dialectes et à des modes de prononciation nouveaux, s'il n'existait une communication directe ou indirecte avec la mère patrie. Sous ce rapport, sa mutabilité ressemble à celle des espèces, et le même langage ne peut pas plus naitre spontanément, dans des districts séparés, que ne peuvent le faire les espèces, en admettant que ces dernières soient toutes d'origine dérivée.

Si la structure de l'homme a pris un état plus stationnaire du moment où son intelligence est devenue plus avancée. — M. Wallace, dans ses observations sur les diffé-

rences que l'on observe entre les principales races humaines, et surtout entre la race Caucasienne et la race Nègre, fait remarquer que dans celle-ci la constance des caractères s'est soutenue pendant 4,000 années, ainsi que le prouvent les anciennes peintures Égyptiennes ; et cette circonstance lui fait penser que la structure corporelle de l'homme, à quelque période ancienne, a dû être plus facile à varier qu'elle ne l'est aujourd'hui ; car, d'après le taux des fluctuations observé dans les temps modernes, il est à peine possible de concevoir un laps de siècles suffisant pour donner naissance à une telle somme de différentiation, ou changement par évolution. Il conclut donc que du moment où les qualités intellectuelles et morales de l'homme ont commencé à acquérir une certaine prépondérance, ses formes physiques ont discontinué de varier. L'homme, alors, se trouvait en état de parer à toutes les exigences provoquées par des conditions nouvelles d'existence ; il savait inventer des armes, fabriquer des vêtements et construire des habitations pour se protéger contre les intempéries des saisons, faire usage du feu pour rendre agréables au goût et assimilables les substances animales ou végétales dont il se nourrissait, et, par-dessus tout, il jouissait de la puissance attachée à la vie sociale. C'est de ce moment que ses membres cessant de modifier leurs formes, ou d'acquérir plus d'agilité et de vigueur, que sa vue et son ouïe cessant de se perfectionner, le corps entier de l'homme serait devenu stationnaire, pendant que ses facultés intellectuelles auraient fait de continuels progrès (1).

Toutefois, avant d'adopter les idées que nous venons d'exposer, on doit être bien certain qu'on n'apprécie pas au-dessous de sa valeur la durée des temps qu'ont probablement exigée des races aussi distinctes que la race Européenne et la race Noire, pour diverger d'un type commun. A propos des peintures conservées dans les temples Égyptiens, et qui ont près de 4,000 ans d'existence, Broca dit, dans son ouvrage sur

(1) *Human Races*, etc., *Anthropological Review*, mai 1864, p. 158

l'Anthropologie, qu'on y voit représentés, non-seulement des Nègres et des Grecs, mais aussi des Juifs, des Mogols, des Indous et des naturels de la vallée du Nil; ce qui prouverait que tous ces types étaient, à cette époque, aussi distincts qu'ils le sont aujourd'hui. Il pense, néanmoins, que le climat, la condition sociale, l'alimentation et le mode de vie ont pu déterminer à l'origine la diversité des races, bien qu'évidemment trois ou quatre mille ans ne soient qu'une fraction minime du temps qu'il a fallu pour amener une aussi grande divergence d'une souche parente commune.

M. C. L. Brace a fait remarquer, dans sa réponse à M. Wallace, que lorsque des membres de la race Anglo-Saxonne eurent, dans le cours des deux siècles derniers, colonisé une contrée éloignée, ils dévièrent comme ceux des États-Unis d'Amérique, à un degré appréciable, du type originel, malgré l'entre-croisement fréquent des nouveaux colons avec les émigrants qui arrivaient de la contrée mère. « Le corps de l'Anglo-Américain », dit le même auteur, « a pris des formes plus musculeuses et plus angulaires, son teint s'est foncé, et son visage est devenu plus mince et plus allongé; et, quoique ses facultés intellectuelles et morales n'aient nullement dégénéré, elles ne l'ont pourtant pas empêché de subir une certaine variation physique. » On s'accorde aussi à reconnaitre que les colons Anglais d'Australie, après quelques générations, ont un peu changé comme les Anglo-Américains. Or, s'il a suffi de deux cents ans pour amener une aussi légère modification, on laisse à penser toute l'étendue des changements qui ont pu s'opérer dans le cours des milliers de siècles pendant lesquels les nouveaux colons ont erré à travers des zones bien plus distinctes les unes des autres que ne le sont celles de l'Angleterre, de l'Amérique Septentrionale et du sud de l'Australie.

On peut donc concéder à M. Wallace que, lorsque l'espèce humaine émergea pour la première fois de sa résidence primitive et commença de peupler les continents et les iles inoc-

cupés, la formation de races tranchées a pu se produire avec une rapidité un peu plus grande que de nos jours. Après être resté longtemps aussi confiné dans un même district que l'est aujourd'hui le chimpanzé ou l'orang-outang, se trouvant encore dans un état d'ignorance et de barbarie un peu plus profond que celui du sauvage Australien ou de l'insulaire des Andaman, l'homme se serait répandu en tribus éparses de chasseurs, sous de nouvelles latitudes, où il aurait souvent rencontré des climats très-peu propices, dans des régions abondantes en nourriture. Dans de telles circonstances la mortalité de la population aurait été considérable, et la Sélection Naturelle se serait activement exercée en donnant la préférence à certaines variétés sur d'autres. Les relevés statistiques de la Grande-Bretagne et de la Belgique démontrent qu'un dixième environ de la population meurt avant l'âge d'un mois, et qu'un quart ne survit pas aux premiers jours qui suivent la naissance. D'où il suit que, si les transitions brusques du froid au chaud ont été fréquentes dans les territoires nouvellement colonisés, les individus à faible complexion y auraient facilement succombé, tandis que, dans d'autres régions où la température était très-égale pendant tout le cours de l'année, ces mêmes personnes auraient pu jouir de la plus parfaite santé et se développer très-probablement de manière à devenir les progéniteurs de la race destinée à peupler le district récemment occupé. Il en est de même des autres variations. Dans certains cas, une peau plus foncée, dans d'autres, un teint plus clair, pourraient avoir été très-favorables; mais malgré tout, un grand nombre de générations a dû s'évanouir avant que d'arriver à une combinaison de caractères parfaitement adaptés aux conditions environnantes.

Coïncidence de la distribution des races humaines les plus distinctes avec les grandes provinces zoologiques. — Le professeur Agassiz a appelé l'attention sur ce fait important, que chacune des races les plus tranchées de la famille

humaine, telles que la race blanche, la race Chinoise, celle de la Nouvelle-Hollande, de l'archipel Malais et des Nègres, se trouve limitée à quelque grande province zoologique. Cette circonstance, observe-t-il, montre de la manière la moins équivoque la relation intime qui existe entre l'espèce humaine et le règne animal, à l'égard de leur adaptation au monde physique. Toutefois, le même naturaliste n'a pas suffisamment insisté sur une exception remarquable à cette règle, et qui consiste en ce que, sur tout le continent de l'Amérique du Sud compris dans la zone arctique, c'est-à-dire, dans la région habitée par les Esquimaux, les nombreuses tribus de Peaux-Rouges ont toutes le même caractère physique, et appartiennent à une seule et même race (1). Le Dr Morton a déjà constaté le fait,après avoir étudié les caractères crânologiques des Indiens de l'Amérique, depuis le Canada jusqu'à la Patagonie. En tous cas, ce continent comprend deux des grandes régions zoologiques que nous avons déjà décrites (pp. 427-433), et qui sont la région Néoarctique et la région Néotropicale. En partant de points de vue tout différents, M. Henry W. Bates est arrivé à conclure que l'Indien Rouge a dû émigrer, à une époque relativement moderne, dans les régions brûlantes de l'Amérique tropicale. L'Européen lui-même supporte aussi bien que l'Indien les ardeurs du soleil et une température excessivement brûlante, mais le Nègre est mieux conformé pour ce même climat, car il échappe à la plupart des maladies épidémiques propres aux latitudes chaudes, qui occasionnent de grands ravages parmi les Indiens. Ces derniers, suivant M. Bates, vivent comme s'ils étaient étrangers dans leur propre pays, la vallée des Amazones; car, depuis qu'ils y sont établis, leur constitution, peu propre, à l'origine, au climat de l'Amérique tropicale, ne s'y est pas encore parfaitement adaptée (2).

(1) Agassiz, *Diversity of Origin of the Human Races. Christian Examiner*, juillet 1850.
(2) Bates, *Naturalist on the Amazons*, vol. II, p. 200.

Nous ne possédons jusqu'à présent aucune donnée géologique qui nous permette de déterminer l'antiquité relative de l'homme, tant dans l'Ancien Monde que dans le Nouveau. Quelques débris fossiles de notre espèce, trouvés dans la vallée du Mississipi, indiqueraient, si l'on n'a pas commis d'erreur en constatant leur position géologique, que l'homme a été contemporain de plusieurs quadrupèdes éteints, et qu'il a habité cette région, avant qu'elle n'eût subi quelques-uns des changements géographiques les plus récents (1). Mais si l'on admet, par hypothèse, que l'espèce humaine n'ait eu, comme chacune des autres espèces, qu'un berceau unique, et si l'on suppose également qu'elle soit dérivée de quelque prototype proche allié, on doit être porté à croire que le peuplement de l'Amérique s'est effectué à une époque plus récente que celui de l'Ancien Monde; car, ainsi qu'on l'a dit avec raison, « l'homme est un type de l'Ancien Monde », sa structure physique ayant, comme nous l'avons déjà observé de grands rapports avec celle des quadrumanes de l'Asie de l'Afrique, et différant beaucoup de celle de toutes les espèces qui habitent l'hémisphère occidental. Quoi qu'il en soit, le premier établissement de l'espèce humaine en Amérique, bien qu'un événement de date relativement moderne, peut bien remonter encore jusqu'à la période Paléolithique de l'Europe Occidentale. Il est possible que quelques-uns des derniers changements que l'on observe, dans la vallée du Mississipi et de ses tributaires, aient eu lieu depuis que des débris de l'homme et de quelques animaux éteints ont été ensevelis dans des dépôts superficiels; quoique, pendant la période de ces changements géographiques, la chaîne des Andes ait toujours été peut-être continue depuis le Canada jusqu'à la Patagonie, et que cette disposition ait facilité la diffusion d'une race unique, d'une extrémité à l'autre du continent.

(1) Lyell, *Antiquity of man*, p. 200.

M. Wallace, dans son mémoire sur *L'homme dans l'archipel Malais*, explique comment la ligne *a b* (carte, fig. 132, p. 442) qui sépare la région de la faune Indienne de celle de la faune Australienne, coïncide presque avec la limite géographique que détermine la ligne *c b* (ibid.), entre les habitations de la race Indo-Malaise et celles de la race Papouasienne. Il décrit le type Malais, que l'on trouve presque exclusivement dans la moitié occidentale de l'archipel, comme étant d'une légère couleur brun rouge, avec une teinte olivâtre plus ou moins prononcée, comme ayant la chevelure noire et crépue, le visage presque dépourvu de barbe, et une taille inférieure à la taille moyenne de l'Européen ; tandis que chez la race Papoue la peau est beaucoup plus foncée, quelquefois presque aussi noire que celle du Nègre, la chevelure est frisée et touffue, le visage orné d'une barbe, et la taille égale à celle de l'habitant de l'Europe. Il nous dépeint aussi les deux races comme offrant un contraste frappant sous le rapport de leurs caractères intellectuels et moraux. Ces Papous se trouvent dans la Nouvelle-Guinée, tandis que les Malais habitent Bornéo ; ces deux grandes îles ont presque exactement le même climat et les mêmes traits physiques, et quoiqu'elles ne soient distantes l'une de l'autre que de 480 kilomètres, les productions animales y sont aussi complétement distinctes que les races de leurs habitants. Si l'on admet que ces deux races ont tiré l'origine d'une source commune, il faut supposer que chacune d'elles a été séparément exposée, pendant des centaines de générations, à des conditions extérieures ayant entre elles une différence analogue à celle qui, suivant la théorie de Transformation, a, dans le cours d'une période beaucoup plus longue, produit la discordance que l'on observe dans les espèces des régions Indienne et Australienne.

Distinction du Nègre et de l'Européen. — Question de l'origine multiple de l'homme. — Toutefois, il faut avouer qu'il n'est pas aussi facile d'expliquer la différence qui existe

entre la race des Papous et celle des Malais que de comprendre comment le Nègre a acquis des caractères aussi distincts de tous ceux que présentent les autres membres de la famille humaine. En effet, on peut très-bien supposer que les barrières naturelles de la province Éthiopienne, formées sur trois côtés par l'océan, et sur le quatrième par le grand désert (submergé au temps Pliocène), ont été capables d'intercepter, pendant un laps indéfini de siècles, toute espèce de communication d'une population barbare avec le reste du genre humain, et de fournir ainsi à des conditions extérieures particulières l'occasion de fixer certaines variétés et de former une race sans exemple dans les autres parties du monde. Du reste, le Nègre est si dissemblable de l'Européen, non-seulement dans la couleur de sa peau, mais encore dans la texture et le mode de croissance de ses cheveux, dans les traits de son visage, la proportion de ses membres et le volume moyen de son cerveau, que tous ces motifs ont conduit quelques naturalistes à soutenir que la race noire était plus qu'une simple variété de la famille humaine, et qu'elle devait être rangée comme une espèce séparée.

Le professeur Agassiz, sans aller aussi loin, pense pourtant que les souches parentes d'où sont sorties ces variétés, et plusieurs autres principales, ont été originellement distinctes. Suivant cet auteur, un grand nombre d'individus de chacune des principales races de l'homme auraient été appelés à vivre au moment où fut créé leur race qui possédait tous les caractères dont ses descendants ont plus tard hérité; de même, de très-nombreux représentants de chacune des espèces animales, et surtout de celles qui ont des habitudes sociales, auraient été créés en grand nombre, de manière à peupler d'une seule fois la région entière à l'habitation de laquelle elles étaient destinées. Cette théorie a du moins le mérite d'être conséquente avec elle-même, et de délivrer les adversaires de la Transformation de l'embarras qu'ils éprouveraient pour expliquer

comment il se fait qu'une divergence du type parent, aussi grande que celle de l'homme blanc au Nègre, ait pu se produire, sans qu'une pareille variabilité ait été capable, dans le cours des siècles, de faire un pas de plus en avant et de donner naissance à des différences de valeur spécifique. Si l'on songe à la manière dont les diverses tribus se font la guerre, et à celle dont les habitants des régions tempérées et plus froides ont continuellement attaqué et soumis les peuplades plus indolentes et moins civilisées des latitudes tropicales, il est très-aisé de comprendre que les races humaines n'aient jamais pu diverger au point de devenir incapables de s'entre-croiser et de donner naissance à une postérité féconde. Ces conquêtes expliquent le mélange, au point de contact, d'une race avec une autre, et cette circonstance a conduit plusieurs naturalistes à affirmer qu'au lieu des cinq types principaux de Blumenbach, il y avait cinquante races, si ce n'est plus de cent, dont chacune avait eu son Adam et son Ève.

Polydactylisme chez l'homme; son importance au point de vue de la variabilité de l'organisation humaine. — Relativement au défaut de plasticité qu'aurait eu la structure physique de l'homme depuis la période Paléolithique, il ne faut pas oublier que, suivant la théorie de Transformation, la variabilité n'a dû affecter que ces parties de l'organisation humaine, dont le perfectionnement aurait donné quelque avantage à l'individu ou à la tribu dans la lutte pour l'existence. Nous avons déjà vu (p. 379) que les expériences de l'éleveur et de l'horticulteur prouvent qu'une partie de l'organisation d'un animal ou d'une plante peut être considérablement modifiée par la Sélection, tandis que les autres parties, si elles ont été négligées, restent dans le même état ou ne varient pas à un degré appréciable. Mais l'organe de l'homme dont la variation a le plus d'importance, c'est le cerveau, et c'est donc en ce qui concerne le développement cérébral que

la Sélection Naturelle a dû se montrer particulièrement effective. Toutefois, avant d'examiner si, dans le cours de plusieurs milliers de générations, il s'est produit dans cet organe quelques modifications favorables, donnant à une race quelque supériorité sur les autres, nous croyons utile de signaler une déviation singulière du type normal, digne de la plus grande attention, et qui a été observée chez l'homme et chez quelques autres mammifères. Cette déviation consiste en la présence de six doigts au lieu de cinq, dont on trouve des exemples chez le chien et le chat, aussi bien que chez les êtres humains. M. Darwin, après avoir relevé les cas, consignés dans divers ouvrages ou qui lui ont été communiqués, de quarante-six personnes ayant présenté des doigts surnuméraires sur les deux mains et les deux pieds, ou sur une seule de ces parties du corps, affirme que sur ce nombre soixante-treize mains et soixante-quinze pieds étaient ainsi caractérisés, ce qui prouve, contrairement à des opinions précédemment émises, que les mains ne sont pas plus fréquemment affectées de cette difformité que les pieds. Le professeur Huxley cite en détail, d'après Réaumur, le cas d'un couple Maltais appelé Kelleia qui, ayant des pieds et des mains conformés suivant le modèle humain ordinaire, donna naissance à un fils, Gratio, qui possédait six doigts parfaitement mobiles à chaque main, et six autres moins bien formés à chaque pied. Ce fils épousa une femme qui avait les extrémités pentadactyles ordinaires; et des enfants qui provinrent de cette union, l'un présenta six doigts aux mains et aux pieds, et les autres ne dérogèrent pas au type normal. Le fils sexdigité eut, à son tour, quatre enfants dont trois offrirent la même conformation que le père. Mais ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que deux des enfants de Gratio appartenant au type normal, s'étant unis à des individus pentadactyles, reproduisirent néanmoins dans la génération suivante une variété sexdigitée. Ainsi, quoique dans chacun des cas

un des parents, et quelquefois tous les deux, n'aient pas eu de doigts additionnels, la variété à six doigts n'en a pas moins persisté jusqu'aux petits-fils de Gratio. Il y a tout lieu de croire, observe le professeur Huxley, que si quelques-uns des derniers membres de cette famille eussent épousé leurs cousins ou cousines présentant la même structure anormale, il en serait résulté une race caractérisée par des mains et des pieds à six doigts, qui se serait évidemment perpétuée. Dans ces cas, il arrive ordinairement que le doigt surnuméraire, porté sur un os métacarpien, et pourvu de tous ses muscles, nerfs et vaisseaux, est si complet qu'il échappe à première vue, et qu'on ne s'en aperçoit qu'en comptant les doigts. On a observé, dit Darwin, des doigts additionnels aussi bien chez les Nègres que dans les races blanches.

La régénération fréquente de doigts surnuméraires, après amputation, est un autre fait extraordinaire que ne doivent pas perdre de vue ceux qui se trouveraient disposés à raisonner sur la cause et sur la nature de ce phénomène. Dans un cas, un doigt additionnel fut enlevé par l'articulation à un enfant de six semaines, aujourd'hui personne vivante; la blessure ne fut pas plutôt cicatrisée que le doigt recommença de pousser, ce qui nécessita, trois mois après, une nouvelle opération, le doigt s'étant reproduit de plus belle avec un os dans son intérieur. Le Dr Carpenter cite un autre exemple dans lequel le pouce était double à partir de la première articulation; on enleva le pouce le plus petit qui était pourvu d'un ongle, mais ce pouce repoussa et reproduisit l'ongle (1). M. Darwin regarde ces doigts surnuméraires chez l'homme comme conservant, jusqu'à un certain point, une condition embryonnaire, et comme ressemblant sous ce rapport aux doigts et membres normaux des classes inférieures des vertébrés, qui sont si prompts à se reproduire. Spallanzani

(1) Darwin, *Variation des espèces*, trad. franç., vol. II, p. 14.

a coupé les pattes et la queue d'une salamandre six fois, et Bonnet jusqu'à huit fois de suite, et ces parties se sont toujours reproduites. Des nageoires pectorales et caudales, enlevées à divers poissons d'eau douce, ont été parfaitement reformées au bout d'environ six semaines. On rencontre quelquefois dans les nageoires pectorales des poissons, plus de cinq et jusqu'à une vingtaine d'os métacarpiens et phalangiens qui, avec leur grand nombre de raies, et parfois avec leurs filaments osseux, représentent évidemment l'ensemble de nos doigts avec leurs ongles. Ainsi encore, dans certains reptiles éteints, les Ichthyopterygia, « on peut trouver sept, huit ou neuf doigts, fait qui », ainsi que le remarque le professeur Owen, « est un indice significatif de l'affinité de ces animaux avec les poissons (1). » M. Darwin a donc pensé que la présence de doigts supplémentaires chez l'homme, et la propriété qu'ils ont de se reproduire, peuvent être considérées comme un cas de retour vers un ancêtre prodigieusement éloigné, d'une organisation inférieure et multidigitée (2). De ce que le nombre cinq est strictement celui qui s'applique aux doigts de tous les vertébrés supérieurs, et que du moins il n'est jamais dépassé, en règle générale, chez les reptiles, oiseaux ou mammifères vivants, il suit que le chiffre additionnel que nous venons de citer passe généralement pour une monstruosité, et cela parce que, bien que la variété à six doigts soit la plus commune, on rencontre quelquefois des exemples de variétés présentant à chaque main et à chaque pied de sept à dix doigts, et même occasionnellement moins de cinq. Dans tous les cas, cette déviation du type ordinaire, pas plus que la régénération du membre amputé, n'indiquent certainement pas la moindre amélioration dans le sens progressif. Si on la considère comme une déformation, partagée accidentellement par les autres mammifères, elle n'ajoute qu'un lien de plus aux autres liens

(1) Darwin, *Variation des espèces*, trad. franç., vol. II, p. 14.
(2) Voir ci-dessus, p. 372 sur la *Pangénèse* de Darwin.

innombrables de connexité qui rattachent les animaux inférieurs à l'homme, soit à l'état parfait, soit à l'état occasionnellement imparfait d'organisation.

De la question de savoir si l'homme a déchu d'un état supérieur de civilisation, ou s'il s'est élevé d'un état inférieur. — Toutes nos investigations faites récemment en Europe sur l'état des arts dans l'âge primitif de la pierre, portent évidemment à croire que l'homme, à une époque antérieure de plusieurs milliers d'années à la période historique, était plongé dans un état de barbarie et d'ignorance plus profond que celui dans lequel se trouvent de nos jours les tribus les plus sauvages. Il ignorait évidemment l'usage des métaux, ainsi que l'art de polir les outils de pierre et de fabriquer la poterie. Sir John Lubbock, discutant la question de savoir si nos ancêtres ont déchu d'une souche originelle plus avancée en connaissances et en civilisation, ou s'ils se sont élevés d'un état inférieur, observe qu'on n'a trouvé chez les naturels de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande et des îles de la Polynésie, ni fragment de poterie, ni restes d'architecture ancienne, et que, sous tous ces rapports, ces tribus grossières, actuellement vivantes, ressemblent aux hommes de l'âge Paléolithique. Pour si peu, dit-il, que l'art de la poterie soit connu, les objets en sont toujours abondants, et, quoique très-fragiles, sont difficilement détruits tout à fait. Il est absolument improbable qu'aucune race humaine eût laissé perdre un art d'une aussi grande utilité. On voit donc qu'il faut rejeter la théorie d'après laquelle les races sauvages seraient déchues d'un premier état de civilisation. « Les nations civilisées conservent longtemps des souvenirs de leur ancienne barbarie, tandis que les nations barbares ne gardent aucune trace d'un état ancien plus avancé. Les couteaux de pierre dont les prêtres Juifs et Égyptiens se servaient encore dans les cérémonies religieuses, après que les métaux étaient employés dans la vie séculière, nous indiquent une période antérieure où ces

instruments de pierre étaient d'un usage général. Ils furent longtemps regardés comme des objets sacrés, et l'on éprouvait une grande répugnance à introduire une matière nouvelle dans le service des cérémonies religieuses (1). »

Quelques auteurs ont espéré trouver un argument en faveur de la supériorité intellectuelle des premières races humaines, en faisant ressortir que le Sanscrit et quelque autre langage des plus anciens de l'Asie avaient une construction grammaticale très-ingénieuse, et renfermaient un grand nombre de termes abstraits. Mais, comparées aux hommes de l'âge Paléolithique, toutes les nations qui parlaient ces langues seront regardées comme modernes par tous les géologues. En remontant le cours des événements humains, on trouverait d'abord une période où des hordes d'émigrants, éparses et à l'état de chasseurs, se répandirent sur l'Asie ; puis une période, encore plus ancienne, où une petite étendue de terre, peut-être actuellement recouverte en grande partie par les océans Indien ou Pacifique, contenait la souche primitive d'où sont sortis tous les hommes ; et l'on peut affirmer, si la théorie de Transformation est vraie, que ces progéniteurs de l'humanité possédaient un vocabulaire plus pauvre que ne l'est celui des sauvages les plus bas que nous connaissions. Il se peut qu'ils fussent capables de compter autant qu'ils avaient de doigts à une main, mais ils n'auraient pu inventer un seul terme exprimant une idée abstraite. Les premiers émigrants, après s'être répandus sur un vaste continent, se seraient partagés en petites communautés, dont chacune aurait graduellement acquis un langage particulier ; mais chaque fois qu'une tribu serait devenue plus puissante que les tribus voisines, elle aurait subjugué celles-ci, et aurait absorbé dans son sein les individus échappés à la mort, imposant son langage aux vaincus, tout en leur empruntant quelquefois des mots et des expressions. On a re-

(1) *On the Early condition of Man*, sir John Lubbock, *British assoc.*, 1867.

marqué que le nombre des langages indépendants qui sont usités dans une étendue continue de pays est d'autant plus grand que l'état de barbarie des naturels est plus profond, et que les tribus dominantes tendent, à mesure qu'elles multiplient et avancent en civilisation et en puissance, à répandre un langage unique sur un espace beaucoup plus étendu. Les Chinois, par exemple, qui, plusieurs milliers d'années avant notre époque, formaient, comme ils le font encore, un tiers de la population du globe, avaient imposé sur presque toute l'étendue de leur empire, une seule langue, qui divergeait, il est vrai, en un grand nombre de dialectes. Nous ignorons complétement tout le temps qu'il a fallu à une race pour obtenir une pareille suprématie sur une grande partie de l'Asie, mais nous pouvons jeter un regard en arrière, et considérer l'époque où les Européens, et surtout la race Anglo-Saxonne, envahirent de la même manière des aires encore plus vastes, déplaçant les tribus aborigènes de l'Amérique, et se répandant, à l'exemple de leurs prédécesseurs, les Peaux-Rouges, depuis la région arctique jusqu'à la Patagonie, de telle sorte qu'une seule race, et peut-être un seul langage, sont en voie de prédominer finalement dans les provinces Néarctique et Néotropicale dont nous avons déjà parlé.

Aujourd'hui que les progrès des arts nous ont donné tant de pouvoir de locomotion, de si grandes facilités de traverser les continents et de faire en naviguant le tour du globe, sans parler de la faculté que nous avons d'échanger instantanément nos idées avec les habitants des régions les plus éloignées, il peut nous paraître presque incroyable que des nations, même après s'être avancées très-loin en civilisation, soient restées dans l'isolement dans lequel nous savons qu'elles ont vécu. Comment se fait-il, par exemple, que les Grecs, malgré leur génie extraordinaire et leur esprit d'entreprise commerciale, aient persisté dans une si profonde ignorance, relativement à la géographie de contrées qui se trouvaient seulement à quel-

ques centaines de kilomètres des côtes de la Méditerranée et de la mer Noire? C'est que la puissance supérieure, conférée par la science, va toujours croissant dans un rapport géométrique, de sorte que le déplacement des nations inférieures par les nations plus civilisées est accéléré dans une proportion sans exemple dans l'histoire du passé. D'où il suit qu'à l'avenir, il y aura un fusionnement plus grand des races et une tendance constante vers l'établissement d'une seule race et d'un seul langage sur la surface du globe. Il paraît probable que la divergence d'une souche commune a atteint son apogée, physiquement et psychologiquement, dans la formation des races Caucasienne et Nègre; et si, par conséquent, l'on considère que cette différentiation, ou changement par évolution, ne porte réellement que sur une seule race, il s'ensuit que deux espèces rationnelles, descendant d'une origine commune, ne peuvent coexister sur le globe. Toutefois, l'adoption de cette conclusion ne nous empêche pas de penser que les descendants des mêmes progéniteurs doués de raison, si on les compare à deux époques très-éloignées, ne puissent différer entre eux d'une manière assez notable pour qu'on ait quelque droit de les ranger comme des espèces distinctes.

M. Gaudry, sur les formes intermédiaires entre les mammifères du Miocène Supérieur et les mammifères vivants. — La parenté supposée de l'homme avec une espèce antérieure, proche alliée sous le rapport de la structure, n'offre jusqu'à présent qu'un sujet assez aride de spéculation, tant qu'on n'aura pas exploré les formations Pliocène et Post-Pliocène de l'Afrique tropicale et de l'Inde. Nous ne faisons que commencer, à l'aide de la paléontologie, à retrouver le passage, à travers une série de formes graduées, des mammifères vivants à ceux du Pliocène et de la période bien plus ancienne du Miocène. Mais dans ce département de l'ostéologie, les preuves, déjà obtenues depuis l'époque de Cuvier, en

faveur de la transformation, sont certainement très-frappantes, et pas un naturaliste n'a mieux fait ressortir toute leur importance que M. Gaudry qui, sous l'influence des hauts enseignements de ses prédécesseurs, s'est jeté dans la voie des recherches avec des idées théoriques directement opposées aux conclusions dont il s'est fait aujourd'hui l'éminent défenseur. Dans son remarquable mémoire sur les ossements fossiles trouvés à Pikermi, près du mont Pentélique, à 22,500 mètres à l'est d'Athènes, il a fait voir que les espèces du Miocène Supérieur passaient, à l'aide d'un grand nombre de formes intermédiaires, à d'autres espèces de date Miocène et Pliocène, et a montré ainsi que chaque découverte nouvelle nous permet de combler plusieurs lacunes qui n'existent que depuis vingt ou trente ans. J'ai pu d'autant mieux apprécier toute la force de cette preuve en faveur de la théorie de Transformation, que j'ai eu l'avantage de voir au Muséum de Paris les spécimens originaux recueillis par ce fervent géologue, et que j'ai eu sous les yeux la chaîne des formes transitoires qu'ont fournies des espèces provenant de plusieurs autres parties du globe. Au reste, à tous ceux qui étudient le mémoire de M. Gaudry, il suffit, pour se former une opinion personnelle, de jeter un coup d'œil sur les tableaux généalogiques de certains types de familles, pour y suivre la gradation des formes Miocènes, à travers celles du Pliocène et du Post-Pliocène, jusqu'aux espèces et genres actuels.

Dans la liste des proboscidiens, par exemple, on voit rangées, par ordre chronologique, plus de trente espèces distinctes, qui commencent aux mastodontes de la période du Miocène Moyen, trouvés en France, et se continuent à travers les formes du Miocène Supérieur d'Ava, des monts Sewalik, de Pikermi et d'Eppelsheim, jusqu'à celles de l'Inde méridionale, de l'Italie et de l'Angleterre, où l'on trouve à la fois le mastodonte et l'éléphant. Finalement, on est conduit aux espèces quaternaires ou Post-Pliocènes de l'Europe et de l'Amérique,

pour aboutir aux deux éléphants vivants de l'Inde et de l'Afrique. En ce qui concerne la famille des rhinocéros, le tableau contient, outre les cinq espèces vivantes, quinze espèces, auxquelles sont jointes quelques formes génériques de date plus ancienne, ou Éocène, qui appartiennent à la même grande famille. La généalogie fossile de la tribu chevaline est également instructive; elle est suivie depuis l'Hipparion des Miocènes Moyen et Supérieur de la France, de l'Allemagne, de la Grèce et de l'Inde, à travers les espèces chevalines Pliocènes et Post-Pliocènes de l'Europe, de l'Inde et de l'Amérique, jusqu'au cheval et à l'âne vivants. Les deux espèces chevalines, rapportées par Leidy aux sept genres découverts dans les formations Pliocène et Post-Tertiaire de la vallée de Niobrara (1), ont été omises dans le catalogue de M. Gaudry, pour cause de description insuffisamment détaillée; et cependant, nous croyons pouvoir affirmer que leur insertion aiderait à combler plus d'une lacune entre les formes reconnues par l'auteur. La famille du porc et celle de quelques carnivores, tels que l'hyène, ont également fourni d'abondants matériaux à l'appui de la même loi d'un changement graduel de structure.

Les quadrumanes même commencent à donner des preuves de la manière dont les singes actuels se sont ramifiés de leurs prototypes éteints, quoique nos informations, à ce sujet, tant de Pikermi que d'ailleurs, n'aient été jusqu'à ce jour presque exclusivement tirées que des latitudes extra-tropicales, où l'on ne rencontre actuellement aucun représentant vivant de cet ordre. On n'a encore découvert à l'état fossile, que quatorze espèces de la famille des singes, et bien que chacune d'elles n'ait ordinairement fourni que quelques ossements de son squelette à la science, la découverte de ces rares débris n'en a pas moins jeté une grande lumière sur l'hypothèse de la

(1) Voir ci-dessus, p. 122.

Transformation. Le Dryopithèque de l'époque Miocène du midi de la France, quoique spécifiquement distinct de tout autre singe vivant, se rapproche tellement du Gibbon actuel, ou singe à longs bras, que, d'après l'opinion du professeur Owen, il ne mérite pas d'occuper le rang de genre distinct qui lui a été assigné par Lartet. Tous les autres singes fossiles de l'Europe et de l'Asie ont des affinités avec les genres et les espèces vivants de la division Catharrinienne, tandis que ceux de l'Amérique, trouvés dans les cavernes du Brésil, montrent des ressemblances avec les Platyrrhiniens actuels.

Quant au Mesopithèque de Pikermi, son squelette est presque complet, et l'est bien plus qu'aucun des autres singes fossiles qui ont été découverts jusqu'à ce jour. Il diffère génériquement de toutes les formes vivantes de l'Inde, non pas tant par la présence de quelques traits nouveaux dans la structure, que par la combinaison de caractères qui sont actuellement propres aux deux types Indiens distincts. En effet, observe M. Gaudry, on pourrait dire que le Semnopithèque vivant de l'Inde a emprunté son crâne à ce type Miocène, tandis que le macaque actuel lui a pris ses membres. Que le jour, s'écrie cet éminent paléontologiste, sous lequel se présente à nous aujourd'hui cette question de l'origine des espèces est différent de celui d'il y a seulement vingt ans, avant qu'on eût étudié les débris fossiles de la Grèce et les formes alliées d'autres pays ; quelle grande clarté ces restes fossiles ne jettent-ils pas sur l'idée que les espèces, les genres, les familles et les ordres actuellement si distincts ont eu des ancêtres communs ! — Plus nous avançons et comblons les lacunes, plus nous restons convaincus que les vides subsistants sont plutôt le fait de nos connaissances que de la nature. Il a suffi de quelques coups de pioche aux pieds des Pyrénées, de l'Himalaya et du mont Pentélique, en Grèce ; de quelques fouilles dans les puits de sable d'Eppelsheim, ou dans les Mauvaises Terres de Nébraska, pour nous révéler les liens les plus étroits de connexité entre

les formes qui semblaient auparavant si séparées les unes des autres. Combien plus serrés se montreront les anneaux de cette chaine, lorsque la paléontologie sera sortie de ses langes (1)!...

La plupart des littérateurs critiques les plus estimés, et quelques mathématiciens éminents se sont montrés, dans les discussions qu'a soulevées l'origine des espèces, absolument incapables de juger et d'apprécier les preuves pour et contre la théorie de Transformation, et cela pour deux raisons principales : premièrement, parce qu'ils n'ont jamais été appelés, comme classificateurs en histoire naturelle, à décider pratiquement si certaines formes, fossiles ou récentes, seraient rangées comme espèces ou comme simples variétés — point sur lequel diffèrent les zoologistes et les botanistes les plus distingués; secondement, parce qu'ils ne se doutent aucunement de la nature fragmentaire des documents auxquels a affaire le géologue (2). Pour celui qui ignore l'extrême imperfection de ces documents, la découverte d'un ou de deux liens manquants est un fait d'une faible importance; mais pour ceux qui sont intimement pénétrés du sens profond de la défectuosité de nos archives, chaque nouvelle forme tirée de l'oubli constitue un gage de l'ancienne existence de centaines d'espèces, dont la majeure partie est irrévocablement perdue.

Développement progressif dans la conformation cérébrale des vertébrés, y compris l'homme. — J'ai déjà remarqué, en combattant l'opinion que l'homme fût arrivé, sous le rapport de sa structure physique, à une condition fixe et stationnaire, que rien n'autorisait à faire une pareille supposition, tant qu'on n'aurait pas acquis une idée plus exacte du nombre de siècles qu'il a fallu pour que les races les plus tranchées de l'espèce humaine aient pu diverger autant qu'elles l'ont

(1) Gaudry, *Animaux fossiles de Pikermi*, 1866, p. 34.
(2) Voir ci-dessus, vol. I, p. 428.

fait, dans différentes directions, d'un type commun. En général, le taux des changements, tant dans le règne animal que dans le règne végétal, est lent et insensible, et les naturalistes n'ont jamais observé la formation d'aucune des races sauvages qu'ils regardent comme de pures variétés géographiques. Ils ne savent pas combien de milliers de générations ont été nécessaires pour produire ces changements ; et il est, par conséquent, impossible de conclure pour le cas en question, c'est-à-dire pour celui de l'homme, que l'ère de l'immutabilité des espèces est définitivement arrivée. Or, si l'organisation de l'homme a été modifiée dans des temps comparativement modernes, il est probable que cette variation s'est surtout manifestée dans son développement cérébral.

Linné a déclaré qu'il lui serait impossible de distinguer génériquement l'homme du singe, et le professeur Owen a parlé de la similitude complète qui règne dans la structure de ces deux êtres, leurs dents et leurs os étant strictement homologues. Cependant, le même grand anatomiste considère le développement cérébral comme étant supérieur chez l'homme, au point de lui donner le droit d'être placé dans une sous-classe à part de tous les autres mammifères. Il a proposé une nouvelle classification de la division la plus élevée des vertébrés d'après les caractères de leur cerveau, et d'aprés la ressemblance plus ou moins grande de cet organe, sous le rapport du volume et de la conformation, avec celui de l'homme. On a objecté, peut-être avec quelque raison, que toutes les tentatives faites jusqu'à ce jour pour classer la création animée, en prenant pour base un seul organe, ou une seule série de caractères, ont échoué, et que, pour obtenir un système naturel de classification, il est indispensable de considérer les titres combinés d'une partie aussi grande que possible de l'organisation entière. Sans examiner jusqu'à quel point la conformation cérébrale, considérée en elle-même, a permis au professeur Owen de disposer les genres et les ordres de mam-

mifères suivant une échelle ascendante, cette classification n'en sert pas moins à montrer la haute importance du cerveau, et la connexion intime de ce mystérieux organe avec le pouvoir intellectuel. Les Monotrèmes (les Échidnés et l'Ornithorhynque) que l'on voit au degré le plus bas de l'échelle, suivis par les marsupiaux, possèdent tous un cerveau tout-à-fait dissemblable, sous le rapport du volume et de la forme, à celui de l'homme ; tandis que parmi les quadrumanes, placés, d'après la même méthode, au rang le plus élevé, la famille à laquelle appartiennent le chimpanzé et le gorille tient la tête de la longue liste des genres et des ordres dans le tableau. On y observera aussi que les chauve-souris, au lieu de conserver parmi *les Primates* la position principale qu'elles occupaient dans la classification de Linné, ont été rangées dans une sous-classe différente et inférieure, bien plus en rapport avec leur intelligence relative.

Si, allant plus loin, on compare les mammifères avec les poissons, c'est-à-dire avec la classe la plus inférieure des vertébrés, on remarque que la progression descendante se poursuit dans la même échelle, suivant que diminue le volume du cerveau, aussi bien que la concentration du système nerveux dans une seule partie de l'animal ; car, plus on s'éloigne du type humain, et plus les proportions du cerveau comparé à la moelle épinière deviennent moindres sous le rapport du poids et de la quantité. Il est vrai qu'en essayant d'appliquer ces règles en détail, l'anatomiste les trouve souvent en défaut, parce qu'il observe que, dans un groupe donné d'animaux, les espèces plus grandes ont des cerveaux proportionnellement plus petits, ou, en d'autres termes, que la masse cérébrale ne croit pas dans le même rapport que la grosseur générale de l'animal. Mais, dans tous les cas, la proposition générale que nous avons émise reste debout, à savoir : que le degré d'intelligence et de pouvoir mental dont jouissent les animaux inférieurs augmente à mesure que s'accroit leur capacité crânienne, et

que la conformation de leur cerveau ressemble de plus en plus à celle de cet organe chez l'homme.

Si nous prenons le Hottentot comme étant la variété la moins avancée du type Nègre, nous trouvons non-seulement que le volume de son cerveau est bien au-dessous du volume moyen du cerveau de l'Européen, mais encore que les deux hémisphères cérébraux sont plus symétriques, et, qu'en ce point, comme dans toutes les particularités par lesquelles il dévie du type Caucasien, cet organe offre des caractères qui le rapprochent beaucoup de celui de la race Simienne. On voit donc que la théorie de Développement Progressif et de Transformation nous conduirait à dire d'avance que le crâne humain de la Période Paléolithique a dû contenir moins de matière cérébrale que le crâne de toute autre race vivante. Mais les données que nous possédons jusqu'à présent sont si insuffisantes, qu'il ne nous est permis de tirer aucunes conclusions positives des débris fossiles appartenant à l'époque en question, car le crâne Néanderthallien est peut-être une variété exceptionnelle, ce qui est encore possible pour quelques autres débris, d'un caractère un peu Simien, que M. Dupont a récemment retirés, en Belgique, d'un dépôt de caverne, renfermant les restes de mammifères éteints. Ajoutons qu'on ne voit aucun motif pour que le crâne de l'homme Paléolithique ait été de beaucoup inférieur, si même il l'a été, à celui de l'Australien, car l'état des arts pendant la Période Paléolithique s'accorde parfaitement avec cette phase d'avancement où se trouvaient les naturels de l'Australie et quelques autres tribus sauvages, lorsque les Européens les connurent pour la première fois.

Dans le neuvième chapitre du premier volume de cet ouvrage, il a été donné un court sommaire des preuves qui viennent à l'appui de l'apparition successive, par ordre chronologique, des poissons, des reptiles, des oiseaux et des mammifères, et enfin de l'avénement, parmi les mammifères, de

ces espèces anthropomorphes qui ressemblent le plus à l'homme par leur structure. Or, si l'on considère la venue de l'homme comme étant le point extrême et culminant où soit parvenue cette série continue de développements, on peut bien supposer que, pendant la transition des quadrumanes à l'organisation humaine, le cerveau a été la partie qui a subi les plus importantes modifications, et que si cet organe, en se développant et s'améliorant, a, de prime abord, conféré à l'homme une supériorité tranchée sur la brute, il continuera d'aller toujours en se perfectionnant, de manière à donner à une seule race un avantage sur les autres dans la lutte pour l'existence.

En supposant même que le paléontologiste eût obtenu des crânes fossiles d'un âge immédiatement antérieur à la Période Paléolithique, il lui eût été difficile d'en tirer une connaissance des progrès successifs qui ont eu lieu suivant une échelle ascendante, si, comme le prétendent quelques zoologistes, la supériorité intellectuelle dépend souvent bien plus de la qualité que de la quantité de la substance cérébrale. Mais quoique la capacité crânienne, prise toute seule, ne soit peut-être pas un critère certain du pouvoir relatif intellectuel, il est cependant incontestable que les crânes de cent individus jouissant d'un esprit élevé offrent des dimensions supérieures à celles que donnent en moyenne les crânes d'un nombre égal de personnes douées d'une intelligence inférieure. Quant à savoir si le cerveau, comme tout autre organe, se fortifie par l'exercice, et si l'amélioration qui en résulte dans les facultés intellectuelles se transmet aux descendants par hérédité, ce sont là autant de points encore sujets à discussion. Mais on ne trouvera personne pour contester que lorsque quelque modification d'un organe, *ou d'un instinct*, s'est produite par ce qu'on appelle la *Variation Spontanée*, la nouvelle structure, ou le nouvel attribut, ne montre une tendance marquée à se perpétuer par hérédité, ainsi que nous l'avons vu dans des exemples déjà mentionnés, l'un relatif à une variété humaine

sexdigitée (p. 618), et l'autre à une race de moutons Ancons à jambes courtes (p. 398).

S'il entre donc dans le plan de la nature que des êtres vivants donnent occasionnellement naissance à des variétés un peu supérieures à toutes celles qui les ont précédées, sous le rapport de la spécialisation de leurs diverses parties et organes, ou sous celui de la perfection d'un organe, de l'instinct ou de la faculté mentale, la Sélection Naturelle assurera le succès définitif de ces individus dans la lutte pour l'existence. Lorsque M. Darwin écrit qu'il ne croit pas à une loi de développement nécessaire, il entend que des structures simples et non perfectionnées peuvent être quelquefois celles qui conviennent le mieux à des conditions simples d'existence, et qu'il arrive parfois qu'une dégénérescence de conformation soit plus avantageuse pour l'espèce que son avancement. Cependant, dans le cours de cette longue évolution, les organismes supérieurs et plus parfaits auront une tendance à survivre et à multiplier, non pas aux dépens des organismes inférieurs, avec la plupart desquels ils ne se trouveront jamais en compétition, mais aux dépens de ceux qui leur sont de plus près alliés. D'un autre côté, l'extinction répétée de variétés particulières qui possèdent des organes et des attributs un peu supérieurs à ceux de leurs progéniteurs, n'implique nullement que la prépondérance finale de pareils organismes soit complétement livrée au hasard ; car, il suffit qu'il existe dans la nature un pouvoir capable de donner naissance à des individus en progrès sur tous ceux qui les ont précédés, pour que la prédominance de variétés perfectionnées se réduise à une simple question de temps. Leur succès final est certain, malgré toutes les circonstances contraires qui pourraient retarder la marche du progrès.

Supposons un enfant doué d'une capacité intellectuelle supérieure à celle de tout autre enfant venu avant lui au monde ; sujet, comme tout autre moins doué, à mourir dès l'âge le plus

tendre, il partage avec lui la chance de grandir, et, s'il atteint la maturité, il contribuera à l'avancement de la tribu à laquelle il appartient, inventant peut-être quelque arme de guerre ou des institutions et des lois meilleures; de plus, il est tout à fait probable que les enfants de cet individu hériteront d'une somme de facultés intellectuelles au-dessus de celles qui forment la moyenne de leur génération. Plus la civilisation avance, et moins la force purement physique et la finesse des sens confèrent une supériorité sociale. Cependant, quoique, suivant Darwin, il n'y ait pas de loi fixe et nécessaire de progrès, les institutions d'un pays peuvent être organisées de telle sorte que la plus grande chance de survivre appartienne aux individus doués d'une intelligence moyenne ou même inférieure. C'est ainsi qu'en Espagne la Sainte Inquisition, choisissant dans la masse de la population tous les hommes de génie qui osèrent combattre les erreurs et montrer le courage moral d'exprimer leurs doutes, a pu, pendant des siècles, les vouer par milliers à la destruction, de manière à abaisser profondément le niveau général de l'intelligence. Mais ces institutions exceptionnelles n'arrêtent pas la marche progressive de la race humaine, elles ne font qu'opprimer une nation, en amenant le déclin de ses connaissances, de sa force, de sa richesse, de sa population et de son influence politique, et la préparer au jour où elle sera conquise par quelque autre peuple à qui les libertés ont ouvert la carrière du progrès intellectuel.

Objections à la théorie de Sélection Naturelle de Darwin. — Le duc d'Argyle, dans l'ouvrage qu'il a récemment publié sous ce titre : *Reign of Law*, a fait, sur la théorie de Sélection Naturelle de M. Darwin, quelques observations critiques d'une certaine valeur, dont je vais m'occuper, en terminant ce chapitre. Après avoir fait remarquer que nous ne savons rien sur les forces naturelles qui ont produit de nouvelles formes vitales, il dit qu'en présence de preuves démontrant que les formes nouvelles se sont développées des anciennes, il n'aper-

çoit pas ce qui pourrait l'éloigner d'accepter le fait (1). Seulement il se refuse à admettre qu'une preuve suffisante ait été encore donnée à l'appui de cette théorie. « L'introduction, dit-il, de nouvelles espèces pour remplacer celles qui ont disparu, est un fait qui se répète si souvent et d'une manière si continue, qu'on est conduit à le prendre pour le résultat ordinaire de quelque procédé naturel (2). » Or, ce procédé, ou « l'adaptation de forces qui peuvent compenser les modifications nécessaires de la structure animale, dans une proportion exactement appropriée aux besoins, fait partie de la nature même de la création. » Mais M. Darwin ne prétend pas expliquer la première apparition de nouvelles formes, mais seulement le mode suivant lequel elles acquièrent, une fois introduites, une prépondérance sur les autres. M. Darwin avoue franchement que notre ignorance des lois de la Variation est profonde ; et pourtant, dit Le Duc, « il l'oublie souvent et parle de la Sélection Naturelle comme si elle pouvait rendre compte de l'origine des espèces, tandis que, suivant sa propre définition, elle ne peut agir que sur des matériaux mis à sa disposition. Elle ne peut s'exercer que sur des éléments variables, ne peut rien créer, et doit se contenter de faire un choix parmi les choses qui ont été engendrées par quelque autre loi (3). » Parler donc de la Sélection Naturelle comme *produisant* certaines modifications de structure ou de nouveaux organes, ainsi que leur *adaptation*, c'est lui attribuer des résultats qu'elle ne peut donner, et l'ériger en *cause* de phénomènes qu'il n'est même pas possible de conjecturer (4).

Ces observations critiques me paraissent s'appliquer parfaitement aux passages de l'*Origine des Espèces*, dans lesquels M. Darwin attribue à la Sélection Naturelle le pou-

(1) *Reign of Law*, p. 224.
(2) *Ibid.*, p. 228.
(3) *Ibid.*, p. 230.
(4) *Ibid.*, p. 254.

voir de produire une somme quelconque de changements dans les organes d'un animal, pourvu qu'il existe une série de faibles degrés de transition par lesquels a pu s'opérer la transformation. Ainsi, par exemple, si quelqu'un des animaux invertébrés possède une membrane ou tissu qui, quoique dépourvue de nerfs, soit pourtant sensible à la lumière, tandis qu'une autre créature, telle que l'aigle, soit munie d'un œil parfait, dans lequel se trouve un appareil pour concentrer les rayons lumineux, et pour réfracter les images des objets extérieurs que les nerfs optiques amènent en présence du cerveau, M. Darwin pense qu'il est facile de comprendre comment cet organe parfait a pu *être formé par Sélection Naturelle*, si l'on trouve seulement dans la nature une série d'animaux dont les organes de la vision offrent tous les degrés intermédiaires de structure entre les deux formes dont nous venons de parler. Mais, en réalité, on ne peut pas dire que la connaissance des formes, ou états gradués qui se sont succédés pendant la transformation d'un organisme, soit capable de nous donner aucune idée de la nature des forces par lesquelles une forme d'un degré inférieur est parvenue à un degré supérieur d'organisation ou d'instinct. Viendrait-on même à découvrir la preuve géologique que chaque modification entre la propriété purement sensitive de l'éponge et l'intelligence de l'éléphant a été représentée par tous les degrés intermédiaires d'instinct et de capacité, et que les êtres doués de facultés de plus en plus parfaites se sont succédé, dans un ordre chronologique, suivant leur perfection relative, semblables aux états successifs que l'on observe dans le développement de l'embryon depuis une simple cellule germinale jusqu'au mammifère à l'état d'enfant, que le mystère de la création n'en resterait pas moins aussi impénétrable que jamais, et aussi en dehors du domaine de la science. C'est lorsqu'on observe le changement d'un être inférieur en un être d'un degré supérieur, et d'un organisme

rudimentaire en un organisme doué d'attributs nouveaux et plus élevés, que l'on comprend qu'il n'est pas de modification d'un progéniteur, ni de principe d'hérédité qui puissent expliquer ce phénomène. L'ancêtre ne peut pas léguer à sa postérité ce qu'il n'a pas lui-même, et les causes, déterminant la *survivance du plus apte*, seraient encore moins capables de donner naissance à des individus mieux organisés que tous leurs prédécesseurs pour occuper une place importante dans le système de la nature.

Toutefois, l'auteur du *Règne des Lois* n'a nullement soutenu, comme la majeure partie des adversaires de M. Darwin, que la théorie de la Sélection Naturelle n'a donné aucuns résultats, par cela seul que ce principe a été investi de fonctions supérieures à celles qu'il lui est possible de remplir. La question vraiment en litige — celle sur laquelle l'*Origine des Espèces* a jeté une si grande lumière — est celle-là même que nous avons discutée dans les dix derniers chapitres. Elle consiste non pas à savoir si l'on peut expliquer la création des espèces, mais à trouver si les espèces ont été introduites dans le monde l'une après l'autre sous la forme de nouvelles variétés procédant d'organismes antérieurs et par le mode ordinaire de génération, ou si elles ont été appelées à vivre par quelque autre influence, telle que l'intervention directe de la Cause Première. Lamarck, en admettant comme vrai le développement progressif, avait-il raison de supposer que les changements du monde organique ont pu s'effectuer par la modification graduelle et insensible de formes anciennes préexistantes? M. Darwin, sans prouver cette hypothèse d'une manière absolue, a fait voir qu'elle est excessivement probable, en s'appuyant sur plusieurs classes distinctes et indépendantes de phénomènes qui sont du domaine de l'histoire naturelle et de la géologie, et surtout en démontrant les divers moyens à l'aide desquels une multitude de variétés nouvelles et compétitrices se forment et se conservent toujours dans la lutte pour

l'existence. Il n'est donc plus possible aujourd'hui de nier la valeur de ses raisonnements en affirmant que les causes ou procédés qui amènent le perfectionnement ou la différentiation des organes, et que l'avancement général du monde animé de l'état le plus simple à l'état le plus complexe, sont des phénomènes qui restent pour nous aussi impénétrables que jamais.

A la première proposition qui fut faite de l'origine des espèces par transformation, on objecta qu'une pareille théorie substituait une force matérielle agissant par elle-même à l'action créatrice d'une Intelligence Suprême. Mais plus les esprits se sont familiarisés avec l'idée de la conversion lente et insensible des organismes inférieurs en organismes plus élevés qui s'opère, d'après un plan préconçu, dans le cours de plusieurs millions de générations, et plus les hommes ont compris que la somme de puissance, de sagesse et de prévoyance, exigée par une telle évolution graduelle de la vie, est aussi grande que celle que demande une multitude d'actes de création isolés, spéciaux et miraculeux.

La portée qu'on suppose à cette même doctrine, relativement à l'origine de l'homme et à sa place dans la nature, soulève des motifs plus sérieux d'inquiétude et d'alarme. Il est évident qu'il existe entre nous et les animaux inférieurs une telle affinité, et une telle identité dans tous les points essentiels qui se rapportent à notre structure corporelle et à la plupart de nos instincts et de nos passions, — l'homme se trouvant si complétement soumis aux mêmes lois générales de reproduction, de multiplication, de croissance, de maladie et mort — que si le développement progressif, la Variation Spontanée et la Sélection Naturelle ont dirigé, pendant des millions d'années, les changements opérés dans le reste du monde organique, il ne faut pas s'attendre à ce que la race humaine ait été exempte du même procédé continu d'évolution. Une connexion aussi étroite entre l'homme et le reste

de la création animée est regardée par plusieurs comme portant atteinte à notre dignité. Il est certain qu'elle donne une rude secousse à la plupart des croyances traditionnelles, et qu'elle fait évanouir quelques illusions poétiques relativement à une généalogie idéale qui donnait à l'homme le rang *d'un ange déchu.* » Mais nous avons déjà eu l'occasion de remplacer les charmantes rêveries auxquelles se livraient les poëtes et les théologiens à propos de la position élevée que nos ancêtres occupaient dans l'échelle des êtres, par des commencements moins brillants et plus modestes, depuis que les travaux réunis des géologues et des archéologues ne nous ont plus laissé de doute sur l'ignorance et la barbarie de l'homme Paléolithique (1).

Nous sommes quelquefois tenté de nous demander s'il arrivera jamais le temps où la science aura acquis un tel ascendant dans l'éducation des masses, qu'il lui sera possible de souhaiter la bienvenue aux vérités nouvelles, au lieu de jeter sur elles un regard de crainte et d'inquiétude, et de proclamer chaque victoire importante remportée sur l'erreur, au lieu de repousser les nouvelles découvertes, même longtemps après que l'expérience a décidé en leur faveur. Le mouvement de notre planète autour du soleil, la forme de la terre, l'existence des antipodes, la haute antiquité de notre globe, les assemblages distincts d'espèces animales et végétales qui l'ont successivement habité, et enfin l'ancienneté et la barbarie de l'homme primitif,— toutes ces généralisations, quand elles furent annoncées pour la première fois, devinrent une source d'anxiétés et de malheurs. En voyant donc le contraste qui existe entre nous et les sauvages grossiers et superstitieux, nos prédécesseurs, nous ne devons pas oublier, nous qui cultivons la science, que la position comparativement élevée que nous avons atteinte dans l'échelle des

(1) Voir à la fin du chap. XLVII, pour des remarques sur l'homme Paléolithique.

êtres a été conquise, pas à pas, par une étude consciencieuse des phénomènes naturels, et par l'enseignement courageux des doctrines qui découlent de leur observation. C'est en appréciant loyalement les preuves, sans s'inquiéter des idées préconçues, c'est en recherchant avec ardeur et avec patience ce qui est vrai, et non ce qu'on voudrait qui fût vrai, que nous sommes arrivés à cette dignité qu'on s'efforcerait en vain de faire remonter à la noblesse d'une extraction imaginaire.

CHAPITRE XLIV.

ENFOUISSEMENT DE FOSSILES DANS LA TOURBE, DANS LES SABLES TRANSPORTÉS PAR LES VENTS, ET DANS LES ÉJECTIONS VOLCANIQUES.

Division du sujet. — Enfouissement de débris organiques dans des dépôts formés sur un sol émergé. — Origine de la tourbe. — Emplacement d'anciennes forêts, en Europe, actuellement occupé par des tourbières. — Minerai de fer limoneux. — Conservation de substances animales dans la tourbe. — Quadrupèdes embourbés. — Débordement du Solway-Moss. — Enfouissement de corps organisés et de débris humains dans des sables transportés par le vent. — Sables mouvants des déserts d'Afrique. — Ensevelissement du temple d'Ibsamboul, en Egypte. — Cadavres desséchés dans les sables du désert. — Villes englouties par des inondations de sable. — Enfouissement de débris organiques et autres dans des formations volcaniques accumulées sur la terre ferme.

La seconde branche de nos recherches, relatives aux changements qui se sont opérés dans le monde organique, se rapporte au mode suivant lequel les débris d'animaux et de plantes passent à l'état fossile, ou sont enfouis dans la terre par suite de causes naturelles. M. Constant Prévost a divisé les effets résultant des causes géologiques en deux grandes classes : d'une part, ceux qui se produisent à la surface des continents pendant leur submersion, et d'autre part, ceux qui ont lieu après leur émersion. En adoptant cette classification, je considérerai d'abord comment des débris d'animaux et de végétaux s'enfouissent et se conservent dans des dépôts formés sur des terres émergées, ou sur cette partie de la surface qui n'est pas *constamment* couverte par l'eau des mers ou des lacs; puis, j'examinerai comment a lieu leur ensevelissement dans des dépôts sous-aqueux, lacustres et marins.

Dans la première division, je traiterai des sujets suivants : 1° du mode de production de la tourbe, et de la manière dont s'y conservent les débris d'animaux et de végétaux; 2° de l'ensevelissement des débris organiques dans diverses

accumulations, telles que — les sables transportés par les vents, — les éjections et les alluvions volcaniques, — toutes les alluvions en général, et les amas de ruines provenant d'éboulements, — la boue et les stalagmites qui se trouvent dans les cavernes et dans les fissures.

Mode de production de la tourbe et manière dont s'y conservent les débris d'animaux. — La production de la tourbe, quand elle ne s'opère pas complétement sous l'eau, n'a lieu que dans des endroits humides, où la température est peu élevée. Les plantes nombreuses, susceptibles de croître dans de telles *stations*, peuvent toutes concourir à la formation de la tourbe, mais une certaine espèce de mousse (*Sphagnum*) constitue une très-grande partie de celle qu'on trouve dans les marais du nord de l'Europe; cette plante a la propriété de produire de nouvelles tiges à sa partie supérieure, tandis que ses extrémités inférieures se pourrissent (1). Des roseaux, des joncs, et diverses autres plantes aquatiques se rencontrent ordinairement dans la tourbe, dans un tel état de conservation, qu'il n'est pas difficile de reconnaître les différentes espèces auxquelles ces végétaux appartiennent.

Analyse de la tourbe. — En général, dit sir H. Davy, cent parties de tourbe sèche contiennent de soixante à quatre-vingt-dix-neuf parties de matière destructible par le feu; et le résidu consiste en terres chargées d'oxyde de fer, et de même nature, ordinairement, que la couche d'argile, de marne, de gravier, ou de toute autre roche sur laquelle repose la tourbe. Le même auteur a observé que la tourbe des régions crayeuses de l'Angleterre contient beaucoup de gypse; mais il en a trouvé fort peu dans les échantillons provenant de l'Irlande et de l'Écosse; ces tourbes, en général,

(1) Voir le catalogue des plantes qui contribuent à la production de la tourbe dans l'ouvrage du rév. Dr Rennie, *Essays on Peat*, p. 171, et dans celui du Dr Mac Culloch, intitulé: *Western Isles*, vol. 1, p. 129.

ne renferment qu'une fort petite quantité de matière saline (1). D'après les recherches du Dr Mac Culloch, il paraît que la tourbe est l'intermédiaire entre la matière végétale simple et le lignite (2).

Abondance de la tourbe dans les climats froids et humides. — La tourbe se forme quelquefois sur les déclivités des régions montagneuses, où règne une grande humidité; mais dans de telles situations, la couche excède rarement, si ce n'est jamais, l'épaisseur de 1m 20. Dans les marais, et dans les terrains bas où la tourbe alluviale est transportée, elle a 12 mètres et même plus d'épaisseur; mais, dans ce cas, elle doit, en général, la moitié de son volume à l'eau qu'elle contient. Rarement, ou même jamais, on n'en a trouvé entre les tropiques; elle est aussi très-rare dans les vallées, dans celles mêmes du midi de la France et de l'Espagne. Non-seulement elle abonde de plus en plus à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur; mais elle devient plus fréquente encore et plus facilement combustible dans les latitudes septentrionales (3).

Le même phénomène se reproduit dans l'hémisphère austral. On ne trouve point de tourbe dans le Brésil, ni même dans les parties marécageuses de la contrée qu'arrose la Plata du côté oriental de l'Amérique du Sud, ou dans l'île de Chiloe, à l'ouest; mais lorsqu'on atteint le 45e degré de latitude, et qu'on explore l'archipel des Chonos ou les îles Falkland, et la Terre de Feu, on rencontre cette matière en très-grande abondance. Là, presque toutes les plantes, et même les herbes, contribuent par leur décomposition à la production de la tourbe; mais, dit M. Darwin, il est un fait à remarquer, par le contraste qu'il offre avec ce qui a lieu en Europe, c'est qu'aucune espèce de mousse n'entre dans la

(1) *Irish Bog Reports*, p. 209.
(2) *System of Geology*, vol. II, p. 353.
(3) Rev. Dr Rennie, *On Peat*, p. 260.

composition de la tourbe de l'Amérique Méridionale, qui est formée par un grand nombre de plantes, et principalement par celle que Brown a désignée sous le nom d'*Astelia pumila* (1).

Feu le Dr Forchammer m'a appris, en 1849, que l'eau, chargée de matière végétale en dissolution, ne donne pas lieu à un dépôt de tourbe dans les contrées où la température moyenne de l'année est au-dessus de 6,11 à 6,67 degrés centigrades. La gelée occasionne la précipitation de cette matière tourbeuse, mais, dans les climats chauds, l'affinité du carbone pour l'oxygène de l'air mélangé mécaniquement avec l'eau, croît avec l'élévation de la température, et la matière végétale dissoute, ou acide humique (substance organique en voie de décomposition), étant convertie en acide carbonique, s'élève dans l'atmosphère où elle est absorbée, et disparait.

Étendue de la surface couverte par la tourbe. — La tourbe occupe en Europe une vaste étendue ; en Irlande, elle recouvre, dit-on, un dixième de l'ile. Une des tourbières situées sur les bords du Shannon passe pour avoir 80 kilomètres de long, sur 3,200 ou 4,800 mètres de large ; et le grand marais de Montoire, près de l'embouchure de la Loire, est cité par Blavier comme ayant plus de cinquante lieues de tour. Suivant Rennie, plusieurs de ces tourbières du nord de l'Europe occupent la place de forêts de pins et de chênes, dont quelques-unes ont disparu depuis les temps historiques. De tels changements résultent de la chute des arbres et de la stagnation de l'eau, occasionnée par l'obstacle que les troncs et les branches de ces arbres opposent au libre écoulement des eaux atmosphériques, qui, ainsi retenues, donnent naissance à un marais. Dans un climat chaud, ces débris de bois seraient immédiatement détruits par les insectes, ou par la putréfaction ; mais dans le climat froid qui règne aujourd'hui dans

(1) *Darwin's Journal*, p. 349; 2e édit., p. 287.

nos latitudes, on cite plusieurs exemples de marais qui doivent leur origine à la source qui vient d'être indiquée. Ainsi, dans la forêt de Mar (Aberdeenshire), de grands troncs de sapins d'Écosse, qui étaient tombés de vieillesse et de dépérissement, ne tardèrent pas, dit-on, à être enfouis dans la tourbe, composée en partie de leurs feuilles et de leurs branches mortes, et en partie d'autres plantes qui s'étaient développées plus tard. On raconte aussi que le renversement d'une forêt occasionné par un orage, vers le milieu du XVII[e] siècle, donna naissance à une tourbière près de Lochbroom, dans le Ross-shire, où, moins d'un demi-siècle après la chute des arbres, les habitants purent extraire de la tourbe (1). Mais, vu la lenteur extrême avec laquelle se forme la tourbe, d'après les observations scientifiques, soigneusement faites sur les lieux mêmes de production, il est nécessaire de n'accueillir tous ces récits qu'avec une grande réserve.

Rien n'est plus ordinaire que la présence d'arbres enfouis dans le fond des tourbières d'Irlande, ainsi que dans la plupart de celles qui existent en Angleterre, en France, et en Hollande. On y a si souvent observé des fragments de troncs encore debout, et ayant leurs racines fixées dans le sous-sol, que l'on ne peut douter que ces arbres n'aient vécu dans le lieu même où on les trouve. Ils consistent, pour la plupart, en sapins, en chênes et en bouleaux ; mais ce sont les débris de chêne qui dominent quand le sol inférieur est argileux, et ceux de sapin lorsqu'il est sableux. Dans le marais de Curragh, dans l'île de Man, on a découvert de grands arbres qui se tiennent debout sur leurs racines, quoique se trouvant à la profondeur de 5^{m}50 à 6 mètres au-dessous de la surface. Quelques naturalistes ont cru devoir attribuer l'enfouissement de ces bois dans les tourbières au transport opéré par l'eau courante, en raison de ce fait bien connu que les rivières

(1) Rennie, *Essays on Peat*, p. 65

amènent des bois dans les lacs; mais, les exemples qui viennent d'être cités montrent que dans beaucoup de cas cette hypothèse est inadmissible. On a, de plus, remarqué qu'en Écosse, ainsi que sur plusieurs points du continent, les plus grands arbres se trouvent dans les tourbières situées aux niveaux les plus bas, et que les arbres proportionnellement plus petits se rencontrent dans celles qui occupent des parties plus élevées; — circonstance de laquelle Deluc et Walker ont conclu que ces arbres vécurent sur les lieux mêmes où on les observe, ayant dû naturellement atteindre de plus fortes dimensions dans les régions les plus basses et les plus chaudes. Les feuilles et les fruits de chaque espèce, par exemple les fruits du noisetier, les feuilles et les glands du chêne, les cônes et les feuilles du sapin, se trouvent toujours aussi, dans les tourbières, près des arbres auxquels ils ont appartenu.

Origine récente de quelques tourbières. — Dans la tourbière de Hatfield (Yorkshire), qui paraît évidemment avoir été une forêt il y a dix-huit cents ans, on a trouvé des sapins de 27 mètres de long, que l'on a vendus pour en faire des mâts et des quilles de vaisseaux. On y a aussi rencontré des chênes dont la longueur dépassait 30 mètres. Le n° 275 des *Transactions philosophiques* donne les dimensions d'un des chênes de cette tourbière qui doit avoir été plus grand qu'aucun des arbres existant dans les États Britanniques.

On a découvert dans cette même tourbière de Hatfield, ainsi que dans celle de Kincardine, en Écosse, et dans quelques autres encore, des routes Romaines, à la profondeur de 2m30, et l'on a affirmé que les pièces de monnaie, les haches, les armes et les autres objets trouvés dans les tourbières d'Angleterre et de France, sont aussi d'origine Romaine. Mais les plus sérieux examens, faits ces dernières années, de dépôts de tourbe d'environ 9 mètres d'épaisseur qui se trouvent à Amiens, à Abbeville et en d'autres points de la vallée de la Somme, me portent à rejeter les conclusions précédemment

émises relativement à l'âge d'une grande partie de la tourbe d'Europe, que l'on avait supposée de date plus ancienne que le siècle de Jules César. M. Boucher de Perthes assure que les débris Gallo-Romains qu'on rencontre dans la tourbe à Abbeville, sont situés plus près de la surface que les armes les plus anciennes appelées *celts* de la Période de la Pierre. Le même antiquaire fait également remarquer que la profondeur à laquelle on trouve ces œuvres d'art d'origine Romaine n'est pas toujours une preuve certaine de leur âge, parce que, dans quelques parties des marais, surtout près d'une rivière, la tourbe est souvent si fluide que les corps pesants peuvent très-bien s'y enfoncer en traversant la masse (1). Enfin, des recherches récentes ont démontré qu'il n'est aucune partie de la tourbe d'Europe qui date d'avant les Romains et qui appartienne à l'âge des instruments de bronze, et même, en général, à la Période Néolithique antérieure de la Pierre, dont nous parlerons plus amplement dans le chapitre XLVII.

Suivant De Luc, l'emplacement des forêts aborigènes d'Hercynia, de Semana, des Ardennes et de plusieurs autres, est occupé maintenant par des marais et des tourbières ; et il paraît extrêmement probable qu'une grande partie de ces changements doivent être attribués aux ordres formels donnés par Sévère, et par quelques autres empereurs, d'abattre tous les bois dans les provinces conquises. De même, plusieurs des forêts de la Grande-Bretagne, qui sont aujourd'hui à l'état de tourbières, furent coupées à différentes reprises par ordre du parlement Anglais, parce qu'elles servaient de refuge aux loups et aux proscrits. C'est ainsi que les bois du pays de Galles furent coupés et brûlés, sous le règne d'Édouard Ier, et qu'Henri II fit détruire la plupart de ceux d'Irlande, pour empêcher les habitants d'y trouver un abri et de harceler ses troupes.

(1) Voir *Antiquité de l'homme*, p. 110.

Un fait digne de remarque, c'est que, dans les îles Danoises, dans le Jutland et dans le Holstein, on a trouvé, au fond des tourbières, des troncs de pins d'Écosse, ***Pinus sylvestris***, bien que cette espèce d'arbre ne fût pas indigène dans ces contrées aux temps historiques, et qu'il ait été plus tard impossible de l'y acclimater. On rencontre un peu plus haut dans les tourbières Danoises des troncs couchés de la variété sessile du chêne commun, tandis qu'à un niveau encore plus élevé, on voit la variété pédonculée du même chêne, ***Quercus robur***, Linn., à côté de l'aulne, du bouleau et du noisetier. Le chêne, à son tour, se trouve aujourd'hui supplanté presque partout, en Danemark, par le hêtre commun. Il paraîtrait donc que dans le pays Danois les arbres ont été sujets à une rotation naturelle, à cause de l'épuisement du sol ou d'un changement de climat de la région, et que des séries d'espèces, vivant sur les bords des marais, se sont éteintes et ont été successivement remplacées par d'autres. Ces changements ont eu lieu, sans exception, avant l'ère historique, et quoiqu'on n'ait pas encore découvert de débris humains, même dans la tourbe fondamentale où sont enfouis les pins d'Écosse, Steenstrup a retiré lui-même de dessous les pins ensevelis un instrument en silex. C'était une arme qui remontait à la Période de la Pierre la plus ancienne, ou âge Néolithique ; mais, jusqu'à ce jour, on n'a pu trouver aucuns restes de l'homme Paléolithique dans aucune partie de la Scandinavie (1).

Origine du mineral de fer limoneux. — Au fond des tourbières il se trouve quelquefois une croûte d'oxyde de fer qu'on désigne sous le nom de « cake » (galette) ou « pan » (cuvette), et la fréquente rencontre du minerai de fer limoneux est un fait bien connu des minéralogistes. Le chêne, que l'on trouve si souvent coloré en noir dans la tourbe doit cette

(1) Lubbock, *Introduction to Nilsson on the stone age*, 1868.

couleur au même métal. L'origine du fer a souvent été mise en discussion ; mais les découvertes d'Ehrenberg semblent enfin avoir résolu la question. Il avait observé, dans les marais voisins de Berlin, une substance d'un jaune d'ocre foncé, tirant sur le rouge, qui couvrait le fond des fossés, et qui, dans les endroits où elle se trouvait à sec par suite de l'évaporation de l'eau, offrait absolument l'apparence de l'oxyde de fer. Mais M. Ehrenberg reconnut que, vue au microscope, cette matière consistait en filaments minces et articulés, ou lamelles, en partie siliceuses et en partie ferrugineuses, d'une plante à structure simple, *Gallionella ferruginea*, de la famille désignée sous le nom de Diatomées (1). Il n'est donc guère possible de douter que le minerai de fer limoneux ne soit un agrégat composé de millions de ces corps organiques invisibles à l'œil nu (2).

Fig. 137.



Gallionella ferruginea.
a. — Grossie 2,000 fois.

Conservation des substances animales dans la tourbe. — Une circonstance intéressante qui se rattache à l'histoire des tourbières est l'état de conservation, vraiment extraordinaire, dans lequel s'y maintiennent les substances animales pendant des périodes d'un grand nombre d'années. En juin 1747, le corps d'une femme fut trouvé à 1m80 de profondeur dans un marais tourbeux de l'île d'Axholm (Lincolnshire). Les sandales antiques qui étaient fixées à ses pieds offraient la preuve évidente qu'elle était enfouie dans ce lieu depuis plusieurs siècles ; et cependant ses ongles, ses cheveux et sa peau sont décrits comme présentant à peine quelques traces d'altération. Un autre corps humain fut découvert en Irlande, dans la terre du comte de Moira ; il était enfoncé de 30 centimètres dans une couche de gravier que recouvrait une masse de tourbe de 3m30 d'épaisseur. Ce corps était complétement

(1) Voir ci-dessus, vol. I, p. 838.
(2) Ehrenberg, *Taylor's scientific. mem.*, vol. I, part. III, p. 402.

habillé, et les vêtements qu'il portait paraissaient être en poil. Avant que l'usage de la laine fût connu dans cette contrée, les habitants employaient, pour se vêtir, des étoffes de poil, de sorte qu'il y a lieu de croire que l'ensevelissement du corps en question remontait à cette époque éloignée, malgré l'état parfait de conservation dans lequel il se trouvait (1). Les *Transactions philosophiques* font mention de deux cadavres qui après avoir séjourné vingt-huit ans et neuf mois dans une tourbe humide où ils avaient été enterrés, en 1674, dans le Derbyshire, furent trouvés dans un état tel que « la couleur de leur peau était aussi bien conservée, et leur chair aussi molle, que celle d'individus morts récemment (2). »

Parmi d'autres faits analogues, nous citerons encore celui-ci : en creusant un puits près de Dulverton, dans le Somersetshire, on trouva plusieurs porcs encore entiers, en diverses positions. Ils avaient parfaitement conservé leur forme, et la peau à laquelle tenaient leurs poils était devenue sèche et membraneuse. Leur chair se trouvait complétement convertie en une matière blanche, friable, laminée, inodore et insipide, mais qui, lorsqu'on l'exposait à la chaleur, émettait une odeur exactement semblable à celle du lard grillé (3).

Cause de la propriété antiseptique de la tourbe. — On se demande naturellement d'où vient cette propriété antiseptique de la tourbe. Quelques auteurs l'ont attribuée aux acides carbonique et gallique qui se dégagent du bois pourri, ainsi qu'à la présence du bois à l'état de charbon dans les couches inférieures de certaines tourbières, le charbon de bois étant un antiseptique puissant, capable de rendre à l'eau déjà corrompue sa pureté primitive. Les résines et les gommes végétales peuvent agir aussi de la même manière (4).

(1) Dr Rennie, *On Peat*, p. 321, où sont cités plusieurs autres exemples.
(2) *Phil. Trans.*, vol. XXXVIII, 1734.
(3) Dr Rennie, *On Peat*, etc., p. 521.
(4) Dr Rennie, *On Peat*, etc., p. 521.

Le tannin qui se trouve quelquefois dans la tourbe est, suivant le docteur Mac Culloch, le produit de la tormentille et de quelques autres plantes ; mais il y existe, dit-il, en trop petite quantité, et sa présence est trop fortuite pour donner lieu à des effets de quelque importance. Il suppose que les parties molles des corps d'animaux conservés dans les marais tourbeux, peuvent avoir été converties en adipocire par la seule action de l'eau (1).

Quadrupèdes embourbés dans un sol marécageux. — La manière, toutefois, dont la tourbe contribue à conserver, pendant des temps indéfinis, les parties les plus dures des animaux terrestres est un sujet qui offre au géologue l'intérêt le plus immédiat. L'enfouissement accidentel des animaux dans la tourbe des terrains marécageux a lieu de deux manières : tantôt ils s'enfoncent dans la boue à moitié liquide que recouvre une surface gazonnée sur laquelle ils se sont imprudemment aventurés ; d'autres fois, comme on le verra plus tard, une tourbière se déchire, « fait éruption », et, par suite, des animaux peuvent se trouver enveloppés dans l'alluvion tourbeuse.

On rencontre quelquefois dans les vastes marais de Terre-Neuve des bestiaux enterrés jusqu'au cou, qui, après être restés plusieurs jours dans cette situation, en sont retirés vivants à l'aide de cordes. De même, en Écosse, le bétail qui s'aventure sur le sol mouvant des marécages y reste souvent « embourbé » ; et, suivant M. King, le nombre des bestiaux qui se perdent, engloutis dans les bourbiers, est vraiment incroyable (2).

Solway Moss. — La description suivante du Solway Moss peut donner une idée du caractère général de ces terrains marécageux. Ce marais, situé sur les confins occidentaux de l'Angleterre et de l'Écosse, consiste, dit Gilpin, en une éten-

(1) *Syst. of Geol.*, vol. II, p. 340-346.
(2) *Phil. Trans.*, vol. XV, p. 949.

due plate de 12 kilomètres environ de circonférence. Sa surface, couverte d'herbes et de joncs, offre à l'œil toute l'apparence d'une croûte solide; mais à la moindre pression, cette surface oscille, le fond qu'elle recouvre étant peu consistant et à moitié liquide. Aussi, le voyageur hardi qui, dans les temps de sécheresse, traverse ce dangereux espace pour s'épargner quelques kilomètres de chemin, a-t-il le soin de ne pas s'écarter des touffes de joncs qu'il rencontre de distance en distance, parce que, sur ces points, le sol est plus ferme qu'ailleurs. Si son pied vient à glisser, ou s'il se risque à abandonner ce signe de sécurité, il se peut alors qu'on n'entende plus jamais parler de lui.

« A la bataille de Solway, sous Henri VIII (1542), lorsque l'armée écossaise, commandée par Olivier Sinclair, fut mise en déroute, une malheureuse compagnie de cavaliers, entraînée par la frayeur, s'abîma dans ce marais, qui se referma sur elle à l'instant. Ce récit fut, pendant longtemps, considéré comme une légende traditionnelle; mais il est devenu authentique, depuis qu'un homme et son cheval, complétement équipés, ont été trouvés par des ouvriers employés à extraire la tourbe, dans le lieu même où l'on avait toujours supposé que l'accident était arrivé. Les deux squelettes étaient parfaitement conservés, et les différentes parties de l'armure du cavalier se reconnaissaient aisément (1). »

Le 16 décembre 1772, ce même marais, ayant été rempli d'eau pendant de grandes pluies, se gonfla comme une immense éponge, s'éleva à une hauteur extraordinaire au-dessus du niveau environnant, et déborda. La couche de tourbe superficielle agit quelque temps comme la peau d'une vessie qui retient le liquide intérieur; mais celui-ci étant parvenu à s'ouvrir un passage, un courant de boue noire à moitié liquide commença d'abord à s'étendre sur la plaine, avec une vitesse qui le faisait ressembler à un courant de lave ordi-

(1) Gilpin, *Observ. on Picturesque Beauty*, etc., 1772.

naire. On n'eut pas de morts à déplorer, mais l'inondation détruisit entièrement plusieurs chaumières, et recouvrit une étendue de 162 hectares. Les parties les plus élevées du marais primitif s'abaissèrent à la profondeur d'environ 7m50; et sa hauteur, dans les parties les plus basses du pays envahi, était de 4m50 au moins.

Déchirement de tourbières. — Une inondation qui eut lieu en janvier 1831, dans le comté de Sligo, fournit un autre exemple de ce phénomène. Après une fonte subite de neige, la tourbière située entre Bloomfield et Geevah fit éruption. Alors un flot noir, amenant avec lui toutes les matières contenues dans un marais de 40 hectares et demi, prit la direction d'un petit courant et, roulant avec la violence d'un torrent, entraina en même temps bruyères, bois, boue et pierres. Il se répandit sur des terres labourables et sur des prairies. En traversant un terrain marécageux, il détruisit un ravin très-large et très-profond, et une partie de la route conduisant de Bloomfield à Saint-Jame's Well fut complétement emportée sur une étendue de 200 mètres.

On rapporte qu'en 1833, une ancienne cabine en bois fut trouvée dans la tourbière de Donegal, en Irlande, à la profondeur de 4m20. Cette cabine était remplie de tourbe, et entourée d'autres huttes qui ne furent pas examinées. Elles étaient entourées d'arbres dont les troncs et les racines avaient conservé leur position naturelle, — c'est là évidemment un exemple de l'éruption d'une tourbière qui a entrainé l'ensevelissement de tout un village, à quelque époque inconnue du passé. Dans ces cas, la profondeur de la matière végétale qui recouvre les constructions n'est pas une preuve de l'ancienneté de l'événement, car toute l'épaisseur de la tourbe peut s'être formée d'une seule fois au moment même de la catastrophe.

D'après les faits qui viennent d'être rapportés, et qui montrent que les tourbières font quelquefois éruption, et des-

cendent, à l'état liquide, à des niveaux plus bas que leur niveau normal, on comprend aisément que des lacs et des bras de mer puissent accidentellement servir de réceptacles à des tourbes transportées. C'est, du reste, ce que prouvent de nombreux exemples, et ce que confirment les alternances d'argile et de sable avec divers dépôts de tourbe, que l'on rencontre si souvent sur quelques côtes, comme celles de la Baltique et de la mer du Nord. Deguer nous apprend que des débris de vaisseaux, des instruments nautiques et des rames ont été trouvés dans plusieurs tourbières de la Hollande. Gérard a démontré, à l'aide de preuves analogues, que plusieurs tourbières, situées sur les côtes de la Picardie, de la Zélande et de la Frise, formaient à une certaine époque des bras de mer navigables.

Ossements de quadrupèdes herbivores dans la tourbe.— Les andouillers des grands cerfs ayant atteint leur entière croissance figurent très-souvent parmi les débris d'animaux que l'on rencontre dans la tourbe. Ce qui prouve que ces bois ne sont pas tombés par l'effet du rut, mais après la mort des individus auxquels ils appartenaient, c'est que fréquemment des portions de crâne y adhérent encore. On rencontre aussi dans la tourbe des ossements de bœufs, de porcs, de moutons et de plusieurs autres herbivores. M. Morren a découvert, dans la tourbe de Flandre, des ossements de loutres et de castors (1) ; et M. Boucher de Perthes a trouvé dans celle d'Abbeville des os et des dents de l'*Ursus Arctos*, où de l'ours qui vit aujourd'hui dans les Pyrénées. Mais, en règle générale, les tourbières n'ont fourni aucuns débris appartenant aux quadrupèdes éteints tels que l'éléphant, le rhinocéros, l'hippopotame, l'hyène et le tigre, quoique les restes de ces animaux soient si communs dans les graviers de rivière de l'ancienne Europe.

(1) *Bulletin de la Société Géologique de France*, t. II, p. 26.

Les ossements du mammouth que nous avons cités dans le premier volume, p. 710-711, comme ayant été retirés de la tourbe et d'une matière végétale de date plus ancienne que la tourbe ordinaire, sont des cas tout à fait exceptionnels. On dit aussi avoir trouvé dans la tourbe le grand cerf éteint, ***Cervus Megaceros***, mais la place véritable de ce fossile parait être dans la marne coquillière sous-jacente aux dépôts tourbeux. Les coquilles d'eau douce de cette marne et plusieurs autres qui se trouvent, ainsi que les coquilles terrestres, associées dans la même tourbe, appartiennent invariablement à des espèces actuellement vivantes.

Marais connu sous le nom du Great Dismal. — J'ai décrit, dans mon *Voyage dans l'Amérique du Nord*, un vaste marais présentant du nord au sud 64 kilomètres de long sur 40 kilomètres de large, qui se trouve entre les villes de Norfolk, en Virginie, et de Weldon, dans la Caroline Septentrionale. Ce marécage, appelé le *Great Dismal* (le Grand Lugubre), offre à peu près l'aspect d'une plaine de rivière inondée et recouverte d'arbres et de plantes aquatiques, avec un sol aussi noir que celui d'une tourbière. Sur tous ses côtés, excepté sur un seul, il domine la contrée environnante vers laquelle il envoie dans les directions nord, est et sud, des cours d'eau qui ne sont alimentés que par une source située à l'ouest. Dans sa partie centrale, il s'élève de $5^{m}60$ au-dessus de la région plate qui lui sert de limite. Le sol, jusqu'à la profondeur de $4^{m}50$, est formé de matière végétale sans aucun mélange de particules terreuses, et présente une exception à la règle générale énoncée plus haut, à savoir : que les accumulations tourbeuses ne se rencontrent jamais dans le sud aussi loin que le 36ᵉ degré de latitude, c'est-à-dire dans aucune région où les étés sont aussi chauds que dans la Virginie. En creusant des fossés à travers le marais dans le but de se procurer du bois, on a extrait de temps en temps une certaine quantité du sol noir ; mais, dès que cette matière

s'est trouvée exposée au soleil et à l'air, elle s'est aussitôt décomposée sans laisser aucun résidu, prouvant ainsi d'une manière évidente qu'elle doit sa conservation à l'ombre fournie par une végétation luxuriante et à l'évaporation constante du sol spongieux par laquelle l'air est refroidi pendant les mois de chaleur. La surface du marécage est tapissée de mousses et couverte de massifs de bruyères et de roseaux ; on y voit surtout le Cèdre Blanc (*Cupressus thyoides*), solidement assis sur ses longues racines pivotantes qui plongent dans les parties les plus molles du bourbier. Sur toute cette végétation plane le cyprès à feuilles caduques (*Taxodium distichum*) avec sa cime étalée ; en pleines feuilles à la saison la plus chaude, il intercepte par son feuillage les rayons brûlants du soleil, qui ne tarderaient pas autrement à entraîner la décomposition des plantes mortes ainsi que des feuilles tombées à l'automne précédent, et de les empêcher ainsi de contribuer à l'augmentation de la masse tourbeuse. Sur toute la surface du marais se trouvent couchés, en nombre incalculable, de grands troncs d'arbres qui ont été renversés par le vent, tandis qu'on en voit des milliers d'autres enfouis, à diverses profondeurs, au-dessous, dans le bourbier noir. Ils rappelent au géologue par leur position horizontale les grandes tiges de Sigillariées et de Lepidodendron, qui ont été converties en houille dans les anciennes roches carbonifères.

ENFOUISSEMENT DE DÉBRIS HUMAINS ET AUTRES, AINSI QUE D'OUVRAGES D'ART, DANS LES SABLES MOUVANTS TRANSPORTÉS PAR LE VENT.

Le transport du sable peut être rangé aussi parmi les causes qui contribuent à la conservation des débris organiques et des ouvrages d'art à la surface des continents.

Sables d'Afrique. — Les sables des déserts de l'Afrique ont été poussés par les vents d'ouest sur la rive occidentale

du Nil, en certains points des terres cultivables de l'Égypte, où des vallées s'étendent dans la plaine, ou bien dans des endroits où les montagnes de la Lybie sont traversées par des gorges. C'est aussi par suite de semblables déplacements de sable que les ruines de plusieurs villes ont été englouties entre le temple de Jupiter Ammon et la Nubie.

Sir J.-G. Wilkinson pense, ainsi que nous l'avons déjà vu, que, tandis que les sables mouvants empiètent en certains points sur le sol fertile de l'Égypte, le dépôt alluvial du Nil s'avance d'une manière très-générale sur le désert, et qu'en somme la balance l'emporte beaucoup en faveur du limon fertilisant (1).

On ne peut concevoir aucun mode d'ensevelissement plus favorable à la conservation des monuments pendant un laps considérable de temps, que celui qui est aujourd'hui si commun dans la région située immédiatement à l'ouest du Nil. Le sable qui entourait et remplissait le grand temple d'Ibsamboul, découvert d'abord par Burckhardt, et ensuite, partiellement, par Belzoni et Beechey, était assez fin pour être comparé à un liquide en mouvement. Ni les traits des figures colossales, ni la couleur du stuc qui en recouvrait quelques-unes, ni les peintures qui décoraient les murs, n'avaient souffert du contact de la poussière sèche et impalpable qui les avait enveloppés pendant plusieurs siècles (2).

A quelque époque future, à celle où peut-être les pyramides seront détruites, l'action de la mer, ou un tremblement de terre pourra mettre au jour quelques-uns de ces temples ensevelis. D'un autre côté, on peut supposer que le désert restera le même, et que les changements dans la configuration de la mer et de la terre environnantes modifieront le climat et la direction des vents dominants, de telle sorte que ces vents pourraient éloigner les sables Lybiens de cette région,

(1) Voir vol. I, p. 370.
(2) Stratton, *Ed. Phil. Journ.*, n° X, p. 62.

dans un laps de temps égal à celui qu'ils ont mis à les y transporter.

On assure que des caravanes entières ont été englouties par les sables de la Lybie ; et Burkhardt rapporte « que lorsqu'une fois on a passé l'Akabah, près de l'extrémité septentrionale de la mer Rouge, des ossements de chameaux sont les seuls guides du pèlerin à travers les déserts de sable. » — « Nous ne vîmes », dit le capitaine Lyon, en parlant d'une plaine située près des monts Soudah, dans l'Afrique septentrionale, « aucune trace de végétation; mais nous rencontrâmes plusieurs squelettes d'animaux qui étaient morts de fatigue dans le désert, et quelques tombes renfermant des restes humains. Tous ces corps étaient desséchés à tel point par la chaleur du soleil que la putréfaction semblait n'avoir pu s'y développer. Il me fut impossible de reconnaître dans les animaux morts récemment la trace de la plus légère odeur putride; et dans ceux qui avaient cessé de vivre depuis longtemps, la peau, encore couverte de poils, restait entière et inaltérée : toutefois elle était devenue si cassante que le moindre choc suffisait pour la briser. Les tempêtes de sable n'occasionnent jamais le déplacement de ces corps, par la raison qu'en peu de temps un léger monticule se trouve formé autour d'eux et les rend stationnaires (1). »

Villes englouties par des inondations de sable. — On cite en France, en Angleterre et dans le Jutland, plusieurs villes et plusieurs villages qui ont été engloutis par des sables transportés par le vent. C'est ainsi que, près de Saint-Pol-de-Léon, en Bretagne, tout un village fut enterré sous des sables mouvants, et cela d'une manière si complète que l'on n'apercevait plus que la flèche de l'église (2). Dans le Jutland, des coquilles de mer adhérant à des plantes marines sont quelquefois

(1) *Travels in North Africa*, en 1818, 1819 et 1820, p. 83.

(2) *Mem. de l'Acad. des Sc. de Paris*, 1772. Voir aussi l'ensevelissement de l'église d'Eccles, cité p. 672 du Ier vol.

lancées, par la force du vent, jusqu'à la hauteur de 30 mètres, et ensevelies dans des collines de sable du même genre.

En 1688, une partie de la ville de Downham, dans le Suffolk, fut engloutie par des sables qui, environ cent ans auparavant, s'étaient détachés d'une garenne située à 8 kilomètres au sud-ouest de cette localité. Ce sable avait donc, dans l'espace d'un siècle, parcouru une distance de 8 kilomètres et couvert plus de 405 hectares de terrain (1). Sur la côte septentrionale du Cornouailles, une étendue considérable de terre cultivée fut inondée par des sables mouvants, qui formèrent des collines de plusieurs dizaines de mètres au-dessus du niveau de la mer; ces sables se composent de coquilles marines pulvérisées, parmi lesquelles se trouvent quelques coquilles terrestres entières. Par suite du déplacement de ces sables, les ruines de plusieurs bâtiments anciens ont été mises à découvert; et, dans certains cas, lorsque, pour pratiquer des puits, on creuse le sol à une grande profondeur, on aperçoit des couches distinctes, séparées par une croûte végétale. En quelques lieux, comme à New Quay, des masses considérables de ce sable sont devenues assez dures pour être employées à des travaux d'architecture. La pétrification, qui est toujours en voie de se produire, semble due à l'oxide de fer que tient en solution l'eau qui coule à travers le sable (2).

ENFOUISSEMENT DE DÉBRIS ORGANIQUES ET AUTRES DANS DES FORMATIONS VOLCANIQUES ACCUMULÉES SUR LA TERRE FERME.

J'ai déjà anticipé jusqu'à un certain point sur le sujet de cette section, dans les chapitres précédents où j'ai parlé des villes qui ont été englouties, soit aux environs de Naples, soit sur les flancs de l'Etna. (3) D'après les faits acquis, il paraît

(1) *Phil. Trans.*, vol. II, p. 722.

(2) Boase, *Sur la submersion d'une partie du Mount's Bay*, *Trans. Roy. Geol. Soc. of Cornwal*, vol. II, p. 140.

(3) vol. I, p. 834 et vol II, p. 180.

que la conservation des débris humains et des ouvrages d'art enfouis est souvent due au passage de grandes inondations, occasionnées par les pluies abondantes qui accompagnent les éruptions. Ces *laves aqueuses*, comme on les nomme en Campanie, coulent avec une très-grande rapidité. En 1822, elles surprirent et étouffèrent sept personnes dans les villages de San Sebastiano et de Massa, sur les flancs du Vésuve.

De plus, dans les tufs, ou limon solidifié, que déposent ces laves aqueuses, on a observé des empreintes de feuilles et d'arbres, dont quelques-unes, formées après l'éruption du Vésuve en 1822, sont aujourd'hui conservées dans le musée de Naples.

La lave elle-même peut devenir indirectement un moyen de conservation pour des débris terrestres, en recouvrant des lits de cendre, de ponce et de matière éjectée dans lesquels peuvent se trouver enfouis des animaux et des plantes, ou des débris humains. Il est fort peu de substances qui soient d'aussi mauvais conducteurs de la chaleur que la poussière volcanique et les scories, de sorte qu'une couche de ces matières se trouve rarement fondue par un courant de lave qui vient à les recouvrir. Après sa solidification, la lave offre une protection assurée aux masses plus légères et plus friables qui sont au-dessous, et dans lesquelles peuvent se trouver enfouis des débris organiques. Les tufs d'Herculanum, renfermant des rouleaux de papyrus, dont les caractères sont encore lisibles, ont, ainsi que nous l'avons déjà vu, été, pendant plusieurs siècles, recouverts par la lave.

La lave peut encore contribuer d'une autre manière à la conservation des débris qu'elle ensevelit, de ceux, au moins, qui proviennent d'ouvrages d'art, quand elle ne possède pas un degré de chaleur très-intense au moment où elle se répand sur eux ; dans ce cas, ils n'éprouvent que fort peu d'altération, et même, quelquefois, on n'en aperçoit aucune trace.

Ainsi lorsque le courant de lave qui s'échappa de l'Etna,

en 1669, recouvrit quatorze villes et villages, et une partie de Catane, il ne fondit pas un grand nombre de statues et d'autres objets d'art que renfermaient les tombeaux de cette ville, et, à la profondeur de 10m 50, la cloche d'une église et quelques statues furent trouvées intactes, dans le même courant, à l'endroit où s'élevait Monpileri, une des villes englouties (p. 31).

CHAPITRE XLV.

ENFOUISSEMENT DE FOSSILES DANS LES DÉPOTS ALLUVIENS ET DANS LES CAVERNES.

Fossiles dans l'alluvion. Effets résultant d'inondations subites. — Du grand nombre d'animaux terrestres conservés dans les districts alluviens où se manifestent souvent les tremblements de terre. — Alluvion marine. — Villes englouties. — Effets produits par des éboulements. — Débris organiques trouvés dans les fissures et dans les cavernes. — Forme et dimensions des cavernes. — De leur origine probable. — Bassins fermés et rivières souterraines en Morée. — Katavothra. — Brèches formées avec un ciment rougeâtre. — Débris humains enlités en Morée. — Le mélange observé de débris humains et d'ossements de quadrupèdes éteints prouve, suivant Schmerling, l'ancienne coexistence de l'homme avec ces espèces perdues. — Brèches à ossements formées dans des fissures béantes et dans des cavernes.

Fossiles dans l'alluvion. — D'après la division que nous avons adoptée, l'enfouissement des corps organisés dans l'alluvion doit faire actuellement l'objet de notre examen.

Il est assez rare de rencontrer des débris d'animaux ou de végétaux dans le gravier, dans le sable et dans le limon qui forment le lit d'une rivière, car la masse entière de ces matériaux se déplace si constamment, et leur frottement est si considérable, que ceux même qui proviennent des roches les plus dures finissent par être réduits en poudre. Mais, lorsque le sable et le sédiment se trouvent subitement entraînés par une inondation sur les terres bordant la rivière, cette alluvion peut envelopper des arbres ou des débris d'animaux, qui s'y conservent souvent d'une manière permanente. C'est ainsi qu'on a trouvé partiellement enfouis dans les dépôts de limon et de sable dus aux inondations qui se produisirent, en 1829, en Écosse, les restes mutilés de lièvres, de lapins, de taupes, de souris, de perdrix et même de corps humains (1). Mais, dans ce cas, une inondation efface ordinairement les traces

(1) Sir T. D. Lauder, *Bart. on Floods in Morayshire, Aott.*, 1839, p. 177.

qu'a laissées la précédente, et si des débris organiques peuvent se conserver pendant des siècles, c'est seulement dans ces portions d'un ancien lit de rivière que les eaux, en creusant et en approfondissant les vallées, ont laissé à sec et à une hauteur suffisante pour les mettre à l'abri des inondations. D'un autre côté, dans les districts où la circulation des eaux est souvent déplacée d'une partie de la vallée à une autre par des mouvements souterrains, les accumulations alluviales, occasionnées par des inondations passagères, deviennent des réceptacles permanents de substances organiques.

Alluvion marine. — En 1787, au mois de mai, un débordement épouvantable de la mer eut lieu à Coringa, à Ingeram et en plusieurs autres endroits, sur la côte de Coromandel, dans les Indes Orientales, par suite d'un ouragan qui, soufflant du nord-est, éleva tellement les eaux qu'elles se précipitèrent dans l'intérieur des terres jusqu'à la distance d'environ 32 kilomètres du rivage. Un grand nombre de villages furent détruits et plus de dix mille hommes se noyèrent. Les eaux, en se retirant, laissèrent le pays couvert d'un limon marin sur lequel on trouva près de 100,000 squelettes de bêtes à cornes. Une ancienne tradition des naturels du pays, relative à une inondation semblable qui aurait eu lieu près d'un siècle auparavant, avait, jusqu'à cet événement, été regardée comme une fable par les colons Européens (1). La côte de Coromandel devint encore, en mai 1832, le théâtre d'une autre catastrophe du même genre; et quand les eaux s'abaissèrent, on vit un certain nombre de vaisseaux échoués sur les plaines de la région basse qui avoisine Coringa.

Plusieurs des orages que l'on désigne sous le nom d'ouragans se rattachent évidemment aux tremblements de terre sous-marins, ainsi que le démontrent les phénomènes atmosphériques qui les accompagnent, les bruits qui viennent de l'intérieur de la terre et les vapeurs qui s'en exhalent.

(1) *Dodsley's Ann. Regist.*, 1788.

Maisons et ouvrages d'art dans des dépôts alluviens. — Une ville souterraine, très-ancienne, et d'origine Hindoue, suivant toute apparence, a été découverte dans l'Inde, en 1833, en creusant le canal de Doab. Cette ville, située au nord de Saharanpour, près de Behat, est à 5m10 au-dessous de la surface actuelle de la contrée. On y a déjà trouvé plus de cent soixante-dix pièces de monnaie d'argent et de cuivre, ainsi que plusieurs objets en métal, et des poteries. Le dépôt qui les recouvrait consistait en un lit de sable de rivière d'environ 1m 50 d'épaisseur, reposant sur un lit d'argile rouge alluviale, dont la puissance était de 3m 60 à peu près. Dans le voisinage, plusieurs rivières et plusieurs torrents descendent des montagnes, chargés d'une immense quantité de boue, de sable et de galets ; et, d'après le témoignage de personnes encore vivantes, la ville moderne de Behat a été menacée par une inondation, dont les eaux, en se retirant, laissèrent le pays environnant couvert d'une couche de sable de plusieurs décimètres d'épaisseur. En creusant des puits dans les alentours, on a rencontré sous un dépôt de marne rougeâtre de 9 mètres, des masses de galets et des graviers semblables à ceux que l'on trouve aujourd'hui dans le lit des rivières de ce même district. Le capitaine Cautley, qui dirigeait les travaux, en a conclu que les matériaux entraînés par les torrents ont élevé graduellement toute la partie du pays qui borde la base des collines les moins hautes, et que l'ancienne ville, bâtie originairement dans un fond, avait été submergée par des inondations et recouverte d'une couche de sédiment de 5m10 d'épaisseur (1).

M. Boblaye nous a appris qu'en Morée, la formation dite *céramique*, et qui consiste en poteries, en tuiles et en briques, mélangées avec divers ouvrages d'art, entre pour une si grande part dans la composition de l'alluvion et du sol végétal des plaines de la Grèce, ainsi que dans celle des brè-

(1) *Journ. of Asiat. Soc.*, nos XXV et XXIX, 1834.

ches dures et cristallines qu'on observe au pied de certaines déclivités, qu'elle constitue une strate importante qui pourrait, même en l'absence de caractères zoologiques, servir à marquer l'époque humaine d'une manière complétement indestructible (1).

Éboulements. — Les éboulements qui précipitent subitement de grandes masses de roche et de terrain dans une vallée, engloutissent à jamais une multitude d'animaux, et quelquefois des villages entiers avec leurs habitants et de nombreux troupeaux. C'est ainsi que dans le district de Trévise, état de Venise, trois villages, avec toute leur population, furent couverts par les débris de la montagne de Piz, qui s'écroula en 1772 (2). En 1248, une partie du mont Grenier, au sud de Chambéry, en Savoie, s'abima et ensevelit cinq paroisses, y compris la ville et l'église de Saint-André, dont les ruines occupaient une étendue d'environ 23,30 kilomètres carrés (3).

Le nombre d'individus qui, dans l'année 1806, périrent par suite de l'éboulement du Rossberg, en Suisse, a été estimé à plus de huit cents, plusieurs villages, ainsi que des maisons isolées, ayant été ensevelis avec une grande partie de leurs habitants sous un amas considérable de boue et de débris de roche. Dans la même contrée, plusieurs centaines de chaumières, dix-huit personnes, et un grand nombre de vaches, de chèvres et de moutons furent engloutis par la chute subite d'un lit de pierres de 30 mètres d'épaisseur, qui descendit des sommets des Diablerets, dans le Valais. En 1618, une partie du mont Conto s'écroula, dans le comté de Chiavenna, en Suisse, et ensevelit la ville de Pleurs, avec tous ses habitants, au nombre de deux mille quatre cent trente.

Il est inutile de multipler les exemples de pareilles catastrophes locales, qui ont été très-nombreuses dans les parties

(1) *Ann. des Sc. nat.*, t. XXII, p. 117, févr. 1831.
(2) *Géographie de Malte-Brun*, vol. I, p. 470, 1840.
(3) Bakewel, *Travels in the Tarentaise* (Voyage dans la Tarentaise), vol. I, p. 201.

montagneuses de l'Europe, depuis les temps historiques, et qui ont eu lieu plus spécialement dans les régions bouleversées par des tremblements de terre. C'est alors que, même dans les contrées comparativement basses et unies, d'énormes masses de roche et de terre sont détachées des flancs des vallées, et se précipitent dans le lit des rivières d'une manière souvent si brusque, qu'elles surprennent et engloutissent, même pendant le jour, tous les êtres vivants qui se trouvent sur les plaines.

CONSERVATION DE DÉBRIS ORGANIQUES DANS LES FISSURES ET DANS LES CAVERNES.

Nous avons vu dans l'histoire des tremblements de terre, que plusieurs centaines de nouvelles fissures et d'abîmes, dont quelques-uns sont décrits comme étant d'une immense profondeur, se sont ouverts dans certaines régions, dans le cours des cent cinquante dernières années. Nous remarquons aussi que des masses montagneuses ont été violemment fracturées et disloquées, pendant leur soulèvement au-dessus du niveau de la mer; et nous pouvons ainsi expliquer l'existence de grandes cavités dans l'intérieur de l'écorce terrestre par la simple action des tremblements de terre. Mais il y a quelques cavernes, particulièrement dans les roches calcaires, qui, bien qu'elles communiquent ordinairement, sinon toujours, avec quelque fente, tantôt s'étendent en vastes galeries, tantôt se contractent en espaces étroits, et offrent de telles formes et de telles dimensions, qu'il est difficile de comprendre comment ces cavernes pourraient ne devoir leur origine qu'à un simple déchirement et à un simple déplacement de masses solides.

Le calcaire de Kentucky, dans le bassin de la rivière Verte, un des tributaires de l'Ohio, montre une ligne de cavités souterraines dont la limite est inconnue, quoiqu'on en ait suivi le prolongement, dans la même direction, jusqu'à la dis-

tance de 16 kilomètres. Une des chambres nombreuses qui forment ces souterrains, et qui sont toutes liées par d'étroits couloirs, n'a pas moins de 4 hectares de superficie; sa hauteur maximum atteint jusqu'à 45 mètres. Indépendamment de la série principale de ces *vastes cavernes*, il s'y rattache un grand nombre d'embranchements latéraux qui n'ont point encore été explorés (1).

La structure caverneuse dont nous parlons ici ne se rencontre pas exclusivement dans les roches calcaires; car on en a observé récemment dans le schiste micacé et argileux d'une des Cyclades, l'île grecque de Thermia (la Cythnos des anciens). Là aussi, plusieurs salles spacieuses à parois irrégulières et arrondies communiquent entre elles par d'étroits passages ou couloirs; on y remarque, en outre, plusieurs branches latérales sans issue. Il est évident, qu'à une certaine époque, un cours d'eau a circulé dans toutes les parties de ce souterrain, et qu'il y a laissé un dépôt limoneux d'argile bleuâtre; mais on ne peut pas supposer que l'action érosive du courant ait donné naissance aux excavations décrites dans le premier cas. M. Virlet pense que les fissures ont été, à l'origine, occasionnées par des tremblements de terre, et qu'ensuite elles ont servi de cheminées, ou de conduits, pour le dégagement des gaz engendrés par l'action intérieure des volcans. Il observe que des gaz tels que ceux qui proviennent des acides muriatique, sulfurique, fluorique et plusieurs autres, ont très-bien pu, étant élevés à une haute température, altérer et décomposer les roches qu'ils avaient à traverser. Or, comme on retrouve des traces de l'ancienne action de ces vapeurs dans des fissures du schiste micacé de Thermia, et que des sources thermales jaillissent des grottes de cette île, on peut supposer que les éléments des roches décomposées ont été graduellement entraînés, à l'état de solution, par les

(1) Nahum Ward, *Trans. of Antiq. Soc. of Massachussetts*. Holme's United States 438.

eaux minérales. Suivant **M. Virlet**, cette théorie se trouve confirmée par l'action des gaz échauffés qui, dans l'isthme de Corinthe, ont profondément altéré et corrodé les jaspes et les silex à travers lesquels ils se dégagent par plusieurs fissures (1).

Lorsqu'on réfléchit à la quantité de carbonate de chaux que déposent annuellement les sources minérales, on est disposé à admettre que de grandes cavités doivent, dans le cours des siècles, se former à des profondeurs considérables, au-dessous de la surface du sol, dans les roches calcaires (2). Ces roches, ne l'oublions pas, sont à la fois plus solubles, plus perméables et plus fragiles qu'aucune autre; et toutes les roches calcaires compactes, du moins, sont très-aisément déchirées par les secousses de tremblements de terre qui ne produiraient que des courbures dans les couches argileuses. Les fissures une fois formées dans le calcaire ne sont pas sujettes, comme dans beaucoup d'autres formations, à être fermées par des matières imperméables, telles que de l'argile, de sorte qu'elles peuvent, pendant des siècles, donner un libre passage à des courants d'eau acidulée (3).

Morée. — Rien n'est plus commun, dans les districts calcaires que l'engouffrement de rivières qui, après avoir suivi un cours souterrain pendant plusieurs kilomètres, reparaissent ensuite à la surface par quelque nouvelle issue. Or, comme au point où ces rivières s'engouffrent, elles sont ordinairement chargées de sédiment fin, et souvent même de sable et de cailloux, tandis qu'à celui où elles recommencent à couler à la surface, elles sont habituellement pures et limpides, on doit en conclure qu'elles déposent une grande quantité de matière dans les espaces vides qui se trouvent dans l'intérieur de la terre. Aux matériaux ainsi introduits dans ces cavités,

(1) *Bulletin de la Soc. Géol. de France*, t. II, p. 329.
(2) Voir ci-dessus, vol. I, p. 529.
(3) Voir les remarques de M. Boblaye, dans les *Annales des Mines*, 3e série, tome IV.

il faut ajouter les stalagmites, ou carbonate de chaux qui tombe goutte à goutte des voûtes des cavernes, et les ossements d'animaux qu'entraînent les rivières, et qui sont souvent enfouis dans ce mélange. Ainsi s'explique la présence fréquente, dans certaines cavernes, de ces brèches à ossements dont quelques-unes datent d'une époque extrêmement ancienne, tandis que d'autres, au contraire, sont très-récentes, et encore en voie de se former. Dans aucune région il n'existe de courants engouffrés plus remarquables qu'en Morée : les circonstances qui accompagnent ce phénomène ont été étudiées et décrites avec de très-grands détails par M. Boblaye et par ses collaborateurs de l'expédition française en Grèce (1). Le récit de ces observateurs offre d'autant plus d'intérêt aux géologues, qu'il répand beaucoup de clarté sur les brèches osseuses rougeâtres qui renferment les ossements de quadrupèdes éteints, et qui sont si communs dans presque toutes les contrées situées sur les bords de la Méditerranée. Il paraît que les nombreuses cavernes de la Morée se rencontrent dans un calcaire compacte du même âge que la craie d'Angleterre, et au-dessous duquel se trouvent immédiatement des couches arénacées que l'on rapporte à la période du grès vert des Anglais. Les régions les plus élevées de cette presqu'île renferment plusieurs vallées profondes et fermées, ou bassins, entourées par des montagnes de calcaire fissuré et caverneux. L'année se partage, d'une manière presque aussi tranchée qu'entre les tropiques, en une saison pluvieuse qui dure plus de quatre mois, et en une saison de sécheresse qui règne pendant près de huit mois. Quand les torrents sont gonflés par les pluies, ils se précipitent des hauteurs environnantes dans les bassins fermés; mais au lieu de donner naissance à des lacs, comme cela arriverait dans beaucoup d'autres contrées, ils tombent dans des gouffres ou abîmes, appelés par les Grecs *Katavothra*, et correspondant à ce que, dans le nord de l'Angleterre, on

(1) *Ann. des Mines*, 3e série, t. IV, 1833.

désigne sous le nom de *shallow holes*, et en France sous celui de *bétoire*. L'eau de ces torrents est chargée de cailloux et d'une terre rouge ocreuse qui ressemble précisément au ciment bien connu des brèches osseuses de la Méditerranée. Cette terre se dissout dans les acides avec effervescence, et laisse un résidu d'oxide de fer hydraté, de fer granulaire, de grains impalpables de silice, et de petits cristaux de quartz. Un sol semblable se rencontre très-fréquemment en Grèce sur la surface du calcaire en décomposition, cette roche renfermant une grande quantité de matière siliceuse et ferrugineuse.

Plusieurs Katavothra étant insuffisants pour donner passage à toute l'eau qui tombe pendant la saison des pluies, il se forme un lac temporaire autour de l'entrée du gouffre, qui, alors, s'engorge encore davantage, par suite des cailloux, du sable et du limon rouge que les eaux troubles y jettent. Le lac se trouvant ainsi élevé, ses eaux s'écoulent, en général, par d'autres ouvertures qu'elles rencontrent à des niveaux plus élevés, autour des bords de la plaine qui constitue le fond du bassin fermé.

En quelques endroits, comme à Kavaros et à Tripolitza, où l'écoulement principal s'opère par un gouffre situé au milieu de la plaine, on ne voit, en été, c'est-à-dire au moment où le lac se dessèche, rien autre chose près de l'orifice du gouffre, qu'un dépôt de limon rouge, crevassé en tous sens. Mais c'est au pied de l'escarpement environnant de calcaire que le Katavothron est placé le plus ordinairement. Dans ce cas, l'ouverture est quelquefois assez grande pour qu'en été, on puisse y entrer, et même pénétrer assez avant dans son intérieur, où se trouve une suite de chambres communiquant ensemble par d'étroits passages. M. Virlet rapporte que près de l'entrée d'un Katavothron, il a observé des ossements humains enfouis dans un limon rouge récent, et mélangés avec des débris de plantes et d'animaux appartenant à des espèces qui habitent actuellement la Morée. Il n'est pas étonnant, dit-il, que des

quilles et des sables marins qui s'y mélangent avec du limon ossifère et avec des débris d'animaux terrestres.

Toutefois, comme l'écoulement de l'eau par ces ouvertures inférieures est, en général, d'une uniformité surprenante, les grandes cavernes de l'intérieur doivent servir de réservoirs, d'où l'eau s'échappe peu à peu, par suite de la petitesse des fentes et des crevasses à l'aide desquelles elles communiquent avec la surface.

Les phénomènes qui viennent d'être décrits s'observent non-seulement en Morée, mais aussi dans toute la Grèce, ainsi que dans les diverses parties de l'Italie, de l'Espagne, de l'Asie-Mineure et de la Syrie, où s'étendent des formations calcaires, analogues à celles de la Morée. Le lac Copaïs, en Béotie, n'a d'autre issue que des canaux souterrains, ce qui sert à expliquer les récits traditionnels et historiques de l'empiétement de ce lac sur les plaines environnantes, et de la submersion de plusieurs villes occasionnée par les inondations qui durent avoir lieu chaque fois que l'issue du lac se trouva partiellement obstruée, soit par du limon et du gravier, soit par un affaissement des roches, déterminé par quelque tremblement de terre. M. Boblaye, en parlant des nombreuses fissures qui existent dans le calcaire de la Grèce, nous rappelle le fameux tremblement de terre qui eut lieu en 469 avant l'ère chrétienne, époque à laquelle, ainsi que nous l'apprennent Cicéron, Plutarque, Strabon et Pline, Sparte fut ruinée de fond en comble, une partie de la cime du mont Taygète s'écroula, et des gouffres et des fissures nombreuses se produisirent dans les roches de la Laconie.

Lors du grand tremblement de terre qui, dans l'année 1693, se fit sentir en Sicile, plusieurs milliers d'individus furent à la fois ensevelis sous les ruines des cavernes qui se trouvaient dans le calcaire, à Sortino Vecchio. En même temps, un grand courant qui, depuis des siècles, s'échappait des grottes situées au-dessous de cette ville, changea subite-

ment son cours souterrain, et vint sortir par l'ouverture d'une caverne qui était plus bas dans la vallée, et où il n'y avait jamais eu d'eau auparavant. Les anciens moulins à eau furent transportés sur ce nouveau point, ainsi que je l'appris en 1829, époque à laquelle je visitai moi-même les lieux où le phénomène s'est passé.

Lorsque les rivières engouffrées sont ainsi sujettes à changer de temps en temps leur cours, soit par des altérations survenues dans les niveaux d'une contrée, soit par l'effet de la rupture et du déchirement de masses montagneuses, on doit supposer que les antres où se réfugient les animaux sauvages sont quelquefois inondés par des inondations souterraines, et que leurs cadavres peuvent se trouver ensevelis sous des amas d'alluvion. Il se peut aussi que les ossements des individus morts dans les profondeurs de ces cavernes, ou les débris des animaux qui y furent transportés pour servir de nourriture à ceux qui les habitaient, aient été entraînés à une certaine distance, puis mêlés avec du limon, du sable et des fragments de roches, de manière à former des brèches osseuses.

En 1833, j'eus occasion d'examiner les cavernes célèbres de la Franconie, celle entre autres de Rabenstein, qui venait d'être découverte. Leur forme générale, ainsi que la nature et l'arrangement des matériaux qu'elles renferment, me parurent s'accorder parfaitement avec l'idée que jadis elles avaient servi de canaux à des rivières souterraines. Cette manière de rendre compte de l'introduction de matières transportées dans les cavernes de la Franconie et dans plusieurs autres, remplies souvent, même jusqu'à leur plafond, de brèches osseuses, a depuis longtemps été proposée par M. C. Prévost (1), et finira, je pense, par être généralement adoptée. Cependant je ne mets point en doute que des ours n'aient habité quelques-unes des cavernes de l'Allemagne, ou que

(1) *Mem. de la Soc. d'Hist. Nat. de Paris*, t. IV.

celle de Kirkdale, dans le Yorkshire, n'ait autrefois servi de retraite à des hyènes. L'abondance des excréments osseux qu'on y trouve, associés avec des ossements d'hyènes, a été indiquée avec raison, par le Dr Buckland, comme un fait de nature à confirmer cette opinion.

Le même auteur a observé, dans chacune des cavernes qu'il visita en Allemagne, que des dépôts de limon et de sable, avec ou sans cailloux roulés et fragments angulaires de roche, étaient recouverts d'une *simple* croûte de stalagmite (1). Il remarqua aussi que dans les cavernes Anglaises les *alternances* d'alluvium et de stalagmite manquaient également. Mais le Dr Schmerling a découvert dans une caverne, à Chokier, village situé à 2 lieues environ de Liége, trois lits distincts de stalagmite, séparés les uns des autres par une masse de brèche, et par du limon mêlé de cailloux quartzeux. Les trois dépôts renfermaient des ossements de quadrupèdes éteints (2).

Cette exception n'infirme pas la généralité du phénomène signalé par le Dr Buckland, — phénomène dont l'une des causes s'expliquerait peut-être de la manière suivante : si, à diverses époques, les eaux provenant de diverses inondations se frayent une route à travers un passage souterrain, il pourra arriver que la dernière de ces inondations, si elle est capable d'entrainer des fragments de roche, déchire aussi toutes les couches alternantes de stalagmite et d'alluvion qui auront été formées précédemment. Une autre cause possible du phénomène tient à ce qu'une ligne particulière de cavernes se trouve rarement située, relativement aux niveaux les plus bas d'une contrée, de manière à pouvoir devenir, à deux époques différentes, le réceptacle de rivières engouffrées.

Comme les mêmes cavités peuvent rester ouvertes pendant des laps de temps indéfinis, il est possible que les espèces qui

(1) *Reliquiæ Diluvianæ*, p. 108.
(2) *Journ. de Géol.*, t. I, p. 286, juillet 1830.

habitent une région donnée subissent pendant ces intervalles de très-grandes modifications, et qu'ainsi les débris d'animaux appartenant à des époques très-différentes se trouvent mélangés dans une tombe commune.

Dans plusieurs cavernes situées sur les bords de la Meuse, aux environs de Liége, le Dr Schmerling a trouvé, dans le même limon et dans les mêmes brèches, des ossements humains associés à des débris d'éléphant, de rhinocéros, d'ours et de plusieurs autres quadrupèdes se rapportant à des espèces éteintes. N'ayant point observé d'excréments de ces animaux, il en a conclu, ainsi que de la présence du limon et des cailloux roulés, que ces cavernes n'avaient jamais été habitées par des animaux sauvages, et que les ossements qui s'y trouvaient avaient été apportés par un cours d'eau. D'un autre côté, comme les ossements et les crânes humains étaient en fragments, et que l'on n'a découvert aucun squelette entier, il ne croit pas que ces cavernes aient servi de lieux de sépulture; il pense que les restes humains y furent entraînés par les eaux en même temps que les ossements des quadrupèdes éteints, et que ces espèces perdues de mammifères coexistaient sur la terre avec l'homme (1).

Brèches à ossements formées dans des fissures ouvertes et dans des cavernes. — Parmi les divers modes de conservation des ossements d'animaux, nous citerons, indépendamment de l'action des inondations et des rivières engouffrées, les fissures ouvertes qui servent souvent de piéges naturels où les animaux herbivores trouvent la mort. C'est ce qui arrive surtout lorsqu'ils sont poursuivis par des animaux carnassiers, ou qu'ils sont surpris broutant sans défiance les arbustes

(1) J'avais écrit ces lignes en 1831, avant que la coexistence de l'homme avec les animaux éteints fût passée à l'état d'opinion généralement reçue. Dans un ouvrage sur l'*Antiquité de l'homme*, j'ai mieux rendu justice au Dr Schmerling, et le lecteur trouvera dans le chapitre IV de ce traité une description complète des cavernes Belges que j'ai visitées de nouveau en 1860.

touffus dont l'épaisseur leur cache les bords de ces fissures (1).

Lors des fouilles que l'on a récemment pratiquées près de Behat, dans l'Inde, on trouva au fond d'un ancien puits qui avait été rempli de marne alluviale, les ossements de deux daims. Leurs bois étaient en morceaux, mais les os de la mâchoire et plusieurs autres parties du squelette restaient presque entiers. « Leur présence en cet endroit, dit le capitaine Cautley, s'explique aisément par le grand nombre de ces animaux et autres qui se perdent sans cesse en gambadant dans les *jungles* et les hautes herbes, au milieu desquelles se trouvent souvent des puits abandonnés où ils tombent (2). »

Au-dessus du village de Selside, près d'Ingleborough, dans le Yorkshire, on rencontre dans le calcaire appelé *scar-limestone*, qui forme un membre de la série carbonifère, un abime d'une profondeur inconnue, mais très-considérable. « Cet abime, dit le professeur Sedgwick, est entouré de bords inclinés, couverts d'herbes, vers lesquels un grand nombre d'animaux, se trouvant attirés, tombaient dans le précipice et y périssaient. L'approche de cet endroit est actuellement interdite au bétail par une forte et haute muraille ; mais il n'y a nul doute que, pendant les deux ou trois derniers mille ans qui se sont écoulés, de grandes masses de brèches osseuses n'aient dû s'accumuler dans les parties basses de la grande fissure qui, probablement, traverse toute l'épaisseur du *scar-limestone*, peut-être jusqu'à la profondeur de 150 à 180 mètres (3). »

Lorsque quelqu'une de ces ouvertures naturelles vient à communiquer avec des lignes de cavernes souterraines, les ossements, la terre et la brèche peuvent, ou s'enfoncer par leur propre poids, ou être entraînés par les eaux dans les cavités qui se trouvent au-dessous.

(1) Buckland, *Reliquiæ diluvianæ*, p. 25.
(2) Voir ci-dessus, p. 658-659.
(3) *On the Lake Mountains of North of England.* Geol. Soc., 5 janvier 1831.

A l'extrémité septentrionale du rocher de Gibraltar, on observe des fissures perpendiculaires, sur les bords desquelles, à la saison des amours, un grand nombre de faucons établissent leurs nids et élèvent leurs petits. Les ossements d'oiseaux, de souris et des divers autres animaux qui servent de nourriture aux faucons, finissent peu à peu, en tombant de leurs nids, par former une brèche avec des fragments angulaires du calcaire en décomposition et un ciment de terre rougeâtre.

Au passage de l'Escrinet, en France, sur l'escarpement septentrional des collines du Coiron, près d'Aubenas, j'ai vu une brèche en voie de se former. De petits fragments de calcaire en décomposition sont entraînés, dans des moments de fortes pluies, par un petit courant, jusqu'au pied de la déclivité, où des coquilles terrestres se trouvent en très-grande abondance. Les fragments de pierre et les coquilles sont ensuite cimentés ensemble par une matière stalagmitique en une masse compacte, et le talus ainsi formé offre, en un certain point, 15 mètres d'épaisseur et 500 mètres de large. La partie inférieure de la masse est si dure qu'on l'exploite comme pierre à meules.

Calcaire stalagmitique récent de Cuba. — Un des exemples les plus singuliers de la production récente du calcaire stalagmitique dans les cavernes et dans les fissures, est celui qu'a décrit M. R. C. Taylor, et que l'on peut observer dans la partie nord-est de l'île de Cuba (1). Le sol, en cet endroit, se compose d'un marbre blanc dans lequel se trouvent de nombreuses cavités, partiellement remplies d'un dépôt calcaire affectant la couleur rouge brique. Ce dépôt renferme des coquilles, ou souvent des empreintes en creux de coquilles qui se rapportent principalement à huit ou neuf espèces de limaçons terrestres; on y rencontre aussi quelques

(1) *Not. on Geol. of Cuba*, 1836. *Phil. Magaz.*, juillet 1837.

ossements disséminés de quadrupèdes, et, ce qui est encore plus extraordinaire, des coquilles univalves marines, souvent à la hauteur de plusieurs dizaines de mètres, ou même de 300 mètres au-dessus du niveau de la mer. L'accroissement graduel de ce dépôt a été expliqué de la manière suivante. Les coquilles terrestres des genres Hélix, Cyclostama, Pupa et Clausilia, se retirent dans les cavernes, dont le sol est jonché de myriades de ces mêmes coquilles vides, après la mort de leurs habitants; en même temps, l'eau qui s'est infiltrée à travers la montagne dépose du carbonate de chaux sur ces coquilles et sur les fragments de calcaire blanc qui, de temps à autre, se détachent de la voûte. Des multitudes de chauves-souris se réfugient également dans les cavernes, et leurs excréments, qui sont d'un rouge vif, en raison probablement des baies dont elles se nourrissent, communiquent cette couleur à la masse. Quelquefois aussi le Hutia, ou grand rat Indien de cette île, meurt dans les cavernes, où restent alors ses ossements. « A de certaines époques de l'année, les crabes-soldats se rendent au rivage de la mer; puis ils reviennent de leur pèlerinage, emportant chacun, ou plutôt traînant avec peine jusqu'à plusieurs kilomètres de distance, la coquille de quelque univalve marine. A l'aide de ce signe, on peut suivre leurs traces jusqu'à 12 ou 16 kilomètres du rivage, sur le sommet de montagnes de 360 mètres de hauteur, comme jadis on suivait celles des pèlerins, qui portaient aussi leur coquille pour indiquer le but et la longueur de leur voyage. » C'est ainsi que plusieurs espèces de testacés marins des genres Trochus, Turbo, Littorina et Monodonta, se trouvent transportées dans des cavernes situées à l'intérieur des terres, et entrent dans la composition de la roche nouvellement formée.

CHAPITRE XLVI

ENSEVELISSEMENT DE DÉBRIS ORGANIQUES DANS DES DÉPOTS SOUS-AQUEUX.

Division du sujet. — Enfouissement d'animaux et de plantes terrestres. — Augmentation de la pesanteur spécifique du bois enfoncé à de grandes profondeurs dans la mer. — Bois flottant transporté par le Mackensie dans le lac de l'Esclave et dans la mer Polaire. — Arbres flottants dans le Mississipi, dans le Gulf Stream, sur la côte de l'Islande, du Spitzberg et du Labrador. — Forêts sous-marines. — Exemples de ces forêts sur la côte du Hampshire et dans la baie de Fundy. — Minéralisation de plantes. — Enfouissement d'insectes et de reptiles. — Causes de la rareté des ossements d'oiseaux dans les formations sous-aqueuses. — Ensevelissement de quadrupèdes terrestres occasionné par des inondations fluviatiles. — Squelettes dans des marnes coquillières récentes. — Enfouissement des débris de mammifères dans des couches marines.

Division du sujet. — Après avoir traité de l'ensevelissement des débris organiques dans les dépôts formés sur la terre ferme, nous allons nous occuper de leur enfouissement dans les couches accumulées sous les eaux.

Nous diviserons cette branche de notre sujet en trois parties, considérant d'abord les divers modes suivant lesquels les débris provenant d'espèces *terrestres* peuvent être ensevelis dans les formations sous-aqueuses, puis les différentes manières dont les animaux et les plantes qui habitent *l'eau douce* sont enfouis dans ces mêmes formations, et enfin comment les espèces *marines* peuvent se conserver dans les couches récentes.

Ces phénomènes exigent beaucoup plus d'attention que ceux que nous avons examinés en premier lieu, par la raison que les dépôts formés sur la partie sèche des continents sont, sous le rapport de l'épaisseur, de l'étendue et de la durée, tout à fait insignifiants, comparativement aux dépôts d'origine sous-aqueuse. L'étude de ces derniers est entourée de difficultés d'autant plus grandes que nous avons affaire ici à des

résultats produits dans des milieux qui sont beaucoup moins accessibles à nos moyens ordinaires d'observation. Or, rien ne nuit tant, en géologie, au progrès des saines idées que le peu d'attention qu'on apporte généralement à ce fait important, que les effets reproducteurs des principaux agents de changement sont limités à un autre élément que celui dans lequel nous vivons, c'est-à-dire à cette plus grande portion du globe dont nous nous trouvons presque entièrement exclus par notre organisation (1).

ENFOUISSEMENT DE PLANTES TERRESTRES.

Lorsqu'un arbre vient à tomber dans une rivière dont les bords ont été minés, ou lorsqu'il y est entraîné par un torrent ou par une inondation, il flotte à la surface, non parce que la pesanteur spécifique de sa partie ligneuse est moindre que celle de l'eau, mais parce qu'il est rempli de pores qui renferment de l'air. Lorsqu'il a trempé pendant un temps considérable, l'eau pénètre dans ses pores, et quand il en est complètement imbibé, il s'enfonce. Le temps nécessaire à l'accomplissement de cette opération varie suivant les différentes espèces de bois ; mais plusieurs peuvent être transportées à de grandes distances, et même quelquefois traverser l'Océan avant de perdre la propriété de flotter.

Lorsque le bois s'enfonce à de grandes profondeurs dans la mer, il peut immédiatement s'imprégner d'eau. Dans sa relation des Régions Arctiques, le capitaine Scoresby rapporte qu'une baleine, au moment où elle venait d'être harponnée, entraîna toutes les lignes qui étaient dans le bateau, puis le bateau lui-même, qui se trouva ainsi à plusieurs centaines de mètres sous l'eau ; les hommes qui le montaient eurent à peine le temps d'atteindre une masse de glace pour s'y réfugier.

(1) Voir vol. I, p. 127.

Quand la baleine revint à la surface *pour souffler*, elle fut frappée une seconde fois, et bientôt après on put la tuer. Au moment où elle expira, elle commença à s'enfoncer : circonstance extraordinaire, dont la cause fut attribuée au poids du bateau coulé auquel elle se trouvait encore attachée. Cependant, à l'aide de cordes et de harpons, on parvint à l'empêcher de s'enfoncer tout à fait et à la décharger du poids qui tendait à l'entraîner, ce à quoi l'on réussit en ajoutant une corde aux lignes du bateau. Cela ne fut pas plus tôt fait, que la baleine remonta à la surface. Le bateau coulé fut ensuite hâlé à grand' peine ; car il était si pesant que, bien qu'avant l'accident il eût pu flotter, même étant rempli d'eau, on fut obligé de placer une barque à chacune de ses extrémités pour l'empêcher de sombrer. « Lorsqu'il fut hissé dans le vaisseau, la peinture se détacha du bois par grandes plaques, et les bordages qui étaient en boiseries très-épaisses se trouvèrent aussi fortement imbibés d'eau que s'ils fussent restés au fond de la mer depuis le déluge ! Un appareil en bois qui accompagnait le bateau dans sa marche et qui consistait principalement en une pièce de sapin épaisse de $0^{m}38$ en carré, tomba à la mer, et, quoiqu'il fût d'un bois très-léger, s'enfonça dans l'eau comme une pierre. Quant au bateau, il était venu hors d'usage à un tel point, que le bois même dont il se composait fut rejeté par le cuisinier de l'équipage, qui, après un essai, le déclara impropre à la combustion (1). »

Le capitaine Scoresby a trouvé qu'en enfonçant des morceaux de sapin, d'orme, de frêne, etc., à la profondeur de 1,200 mètres et même quelquefois de 1,800 mètres dans la mer, ils s'imprégnaient d'eau, au point que lorsqu'après une heure d'immersion on les retirait, ils ne pouvaient plus flotter. L'effet de cette imprégnation était d'accroître non-seulement la pesanteur spécifique du bois, mais aussi ses dimensions,

(1) *Account of the Arctic Regions*, vol. II, p. 193.

chaque surface de 25 millimètres ayant augmenté de 1/20 en grandeur et de 21/25 en poids (1).

Bois flottant du Mackensie. — Quand des bois sont entraînés par une rivière, ils se trouvent souvent arrêtés par des lacs ; alors, s'imprégnant d'eau, ils peuvent s'enfoncer et être enfouis dans des couches lacustres, s'il s'en forme dans l'endroit où ils tombent. Quelquefois il arrive qu'une partie de ces bois flotte jusqu'à ce qu'elle atteigne la mer. Le cours du Mackensie, dans la partie nord-ouest de l'Amérique du Nord, nous offre un exemple de vastes accumulations de matière végétale qui sont actuellement en voie de se former sous l'influence de ces deux circonstances.

Le lac de l'Esclave en particulier, dont la longueur est de 320 kilomètres, reçoit annuellement une quantité de bois flottant qui est vraiment énorme. « Comme les arbres, dit le Dr Richardson, conservent leurs racines, qui sont souvent chargées de terres et de pierres, ils s'enfoncent promptement, surtout quand ils sont imbibés d'eau ; puis, leur accumulation, là où il existe des remous, donne naissance à des hauts-fonds qui finissent par devenir des îles. Dès que ces îles dépassent le niveau de l'eau, elles sont couvertes de touffes de petits saules dont les racines fibreuses servent à lier la masse et à lui donner de la solidité. L'action de la rivière concourt chaque année à diviser ces îles en plusieurs sections, et il est intéressant alors d'étudier la diversité d'apparences qu'elles offrent, suivant les différentes époques de leur formation. Les troncs des arbres se décomposent peu à peu, jusqu'à ce qu'ils soient convertis en une substance d'un brun noirâtre, ressemblant à de la tourbe, mais conservant encore plus ou moins de la structure fibreuse du bois. Des couches de cette substance alternent souvent avec des lits d'argile et de sable, à travers lesquels pénètrent, jusqu'à la profondeur de quatre

(1) *Account of the Arctic Regions*, p. 202.

ou cinq mètres, et même plus, les racines longues et fibreuses des saules. Une légère infiltration de matière bitumineuse dans un dépôt de cette nature, produirait une excellente imitation de la houille, avec empreintes végétales de racines de saules. Ce qu'il y avait de plus remarquable était la structure schisteuse horizontale que présentaient les anciens bords alluviens, ou la *courbe régulière* que formaient les couches par suite de l'inégalité de leur affaissement.

« Bien que ce soit dans les rivières seulement que nous ayons pu observer des coupes de ces dépôts, la même opération se poursuit dans les lacs sur une échelle bien plus grande encore. Le bois flottant et les débris de végétaux que l'Elk amène dans le lac Athabasca, ont donné lieu à la formation d'un haut-fond de plusieurs kilomètres d'étendue dans la partie méridionale de ce lac ; et tout porte à croire que le Lac de l'Esclave lui-même finira par être comblé par les matériaux que la rivière de même nom y entraine chaque jour. D'immenses quantités de bois flottant sont ensevelies sous le sable qui se trouve à l'embouchure de la rivière, et l'on en voit des piles énormes qui sont amoncelées sur toutes les rives du lac (1). »

Les bords du Mackensie offrent presque partout des lits horizontaux de lignite, alternant avec de l'argile bitumineuse, du gravier, du sable et du grès friable : on y observe, en un mot, des sections de tous les dépôts qui, sans aucun doute, sont actuellement en voie de se former au fond des lacs que traverse ce fleuve.

Malgré les vastes forêts interceptées par les lacs, on rencontre une accumulation de bois, encore plus considérable que celle dont nous venons de parler, au point où le Mackensie atteint la mer, c'est-à-dire sous une latitude de 69° nord, où aucune espèce de bois ne croit aujourd'hui, si ce n'est quel-

(1) Dr Richardson's *Geognost. Obs. on Cap. Franklin's Polar. Exped.*

ques saules chétifs. La matière alluviale a formé aux embouchures de la rivière une barrière d'îles et de hauts-fonds, où l'on peut prévoir qu'à quelque époque future il existera une formation considérable de houille.

L'abondance de bois flottant que l'on observe sur le Mackensie est due à la longueur et à la direction de la course de de cette rivière, qui coule du sud au nord, de sorte que ses différentes sources se trouvent sous des latitudes beaucoup plus chaudes que ses embouchures. D'après cela, on conçoit que dans la région où sont situées les sources, la glace doive fondre longtemps avant que les eaux de la partie inférieure de la rivière cessent d'être gelées; d'où il résulte que le courant, en se précipitant vers le nord, rencontre un point où le dégel n'a pas encore commencé, et que les eaux, se trouvant alors arrêtées par les glaces, sortent de leur lit, et se répandent sur les forêts de pins qui l'avoisinent, entraînant avec elles des milliers d'arbres déracinés.

Bois flottant sur les côtes de l'Islande, du Spitzberg, etc. — Le bois que la terre refuse aux Islandais leur est abondamment fourni par l'Océan. Une immense quantité de gros troncs de pins, de sapins et autres arbres vient se jeter sur les côtes septentrionales de l'Islande, surtout sur le cap Nord et sur le cap Langaness; et puis les morceaux de bois qui sont poussés par les vagues le long de ces deux promontoires vers les autres côtes, fournissent des matériaux suffisants pour la construction des bateaux. Il se dépose aussi du bois flottant sur les rivages du Labrador et du Groënland; et Krantz nous assure que les masses de bois qui sont poussées sur l'île de Jean-Mayen, égalent souvent en volume l'étendue entière de cette île (1).

La même cause qui produit ces diverses accumulations de bois donne lieu à celles qu'on observe dans les baies du Spitz-

(1) Krantz, *Hist. of Groenland*, t. I, p. 53-54.

berg, ainsi que sur les côtes orientales de la Sibérie, où elles sont formées de mélèzes, de pins, de cèdres de Sibérie, de sapins et de plusieurs autres espèces d'arbres qui viennent, dit-on, de latitudes méridionales éloignées. Bien que quelques-uns de ces arbres aient été privés de leur écorce par l'effet du frottement, ils ont encore leurs racines et leurs branches, et se trouvent dans un assez bon état de conservation pour fournir d'excellent bois de construction (1). Une partie des branches et presque toutes les racines restent fixées à la tige des pins qui ont été entraînés dans la mer du Nord, sous des latitudes trop froides pour que de tels arbres aient pu y croître ; mais les troncs sont, en général, dépouillés de leur écorce.

Les feuilles et les parties les plus légères des plantes sont, en quelque point du globe que ce soit, très-rarement entraînées jusqu'à la mer, si ce n'est pendant les ouragans qui, entre les tropiques, éclatent souvent sur les îles de ces régions, et pendant les violentes agitations de l'atmosphère qui accompagnent quelquefois les tremblements de terre et les éruptions volcaniques.

On voit d'après ce qui précède que bien que les débris de végétation terrestre, amenés des continents par des causes aqueuses, soient déposés principalement au fond des lacs ou aux embouchures des rivières, il en est pourtant une quantité considérable qui sont entraînés dans presque toutes les directions par les courants, et qui peuvent ainsi être enfouis dans des formations *marines*, ou tomber, lorsqu'ils sont imprégnés d'eau, au fond d'abîmes insondables et s'y accumuler sans mélange d'autres matières.

Peut-être demandera-t-on si la science possède quelque donnée qui permette de supposer que les restes d'un très-grand nombre d'espèces de plantes aujourd'hui existantes

(1) Olafsen, *Voyage to Iceland*, t. I.

pourront se conserver au point d'être plus tard reconnaissables, en admettant qu'à quelque époque future, les couches actuellement en voie de formation se trouveront exhaussées? A cela on peut répondre qu'il n'y a aucune raison de croire qu'une grande partie des plantes qui prospèrent aujourd'hui sur le globe seront jamais fossilisées, puisque leurs habitations sont, pour la plupart, éloignées des lacs et des mers, et que, même dans les lieux où elles croissent près de masses considérables d'eau, les circonstances qui favorisent l'enfouissement et la conservation des débris de végétaux sont tout à fait accidentelles et ne se produisent que sur des étendues souvent très-limitées.

Forêt sous-marine sur la côte de Hats. — Il a été fait allusion, à la p. 690 du premier volume, à plusieurs localités situées sur les rivages Britanniques, où l'on observe des tiges d'arbres, en position verticale et souvent munies de leurs racines, qui se trouvent submergées au-dessous du niveau moyen de la mer. Dans la plupart des cas, il est presque impossible d'expliquer leur submersion sans supposer un changement dans le niveau relatif de la terre ferme et de la mer; mais, dans l'exemple que nous allons décrire, une pareille hypothèse n'est pas nécessaire. Mon ami l'Archidiacre Harris découvrit, en 1831, au-dessous du niveau moyen de la mer, à Bournemouth, dans la Hampshire, des traces évidentes d'une forêt de sapins qui avait été mise à découvert au moment de la basse mer d'une très-grande marée. Cette formation est située entre le rivage et une barre de sable dont elle est éloignée d'environ 200 mètres, elle longe la côte sur une étendue de 50 mètres, et se montre au-dessous d'un lit de sable et de galets. On la retrouve aussi sur le prolongement de la Vallée de Bournemouth, de l'extrémité de laquelle elle est séparée par un espace de 200 mètres, couvert de galets et de sable transporté. Dans la vallée coule un grand ruisseau qui, près de son embouchure, traverse une étendue considérable d'un terrain inégal, marécageux et rempli de bruyères, où croissent quelques bouleaux

et un grand nombre de myrtes de marais (*Myrica gale*). Dans cette partie de la tourbe submergée qu'a mise à découvert la basse mer, on a remarqué vingt ou trente gros troncs de sapins, dont l'un de 60 centimètres de hauteur, et qui conservaient leurs racines et leurs bases encore attachées à l'écorce. L'aubier de ces troncs est mou et spongieux, mais parfaitement blanc ; le cœur du bois en est dur et compacte ; les plus gros offrent une teinte verdâtre analogue à celle de l'asbeste, sont saturés d'humidité et exhalent une forte odeur d'hydrogène sulfuré. « Cette odeur et cette couleur verdâtre dépendent, dit M. Harris, d'une formation naissante de pyrites de fer qui fait des progrès assez rapides dans la couche de tourbe sous-jacente. Les pyrites se rencontrent en petites concrétions, qui emprisonnent les racines et les fibres ligneuses. Dans certains cas elles remplissent les tiges creuses des plantes herbacées; dans d'autres, elles ont pénétré jusqu'au cœur de pièces de sapin, de 50 à 75 millimètres de diamètre, suivant le grain du bois, et l'ont quelquefois si bien remplacé, qu'il faut briser le morceau pour s'en apercevoir. »

On a compté dans une coupe transversale d'un des sapins enfouis, qui avait 36 centimètres de diamètre, soixante-seize anneaux de croissance annuelle. Outre les troncs et les racines de sapin, on trouve dans la tourbe, avec des joncs et d'autres substances végétales comprimées, des fragments d'aulne et de bouleau. Dans le centre de la formation, la sonde a donné, sans atteindre le fond de la couche, une épaisseur de $0^{m}75$ de tourbe ; mais, sur les bords de la même formation, elle repose sur un lit de galets bleuâtres, d'argile et de sable affleurant aussi du côté de la mer, et exactement semblable à celui de sable et de galets que l'on trouve sur les landes adjacentes. Il est certain que toute la formation qui existe depuis 40 ans, a toujours offert la position et l'aspect qu'elle avait en 1831 ; et j'apprends de l'Archidiacre Harris (fév. 1868), qu'ayant eu plusieurs fois l'occasion de revisiter les lieux en

question, il a toujours revu les troncs d'arbres à la même place.

Comme la mer empiète aujourd'hui sur ce rivage, on peut supposer qu'à quelque époque ancienne la vallée de Bournemouth s'étendait plus bas et que, de même qu'à présent, son extrémité consistait en un terrain inégal et marécageux, couvert en partie de sapins. Probablement aussi, le marais entier reposait sur le lit de sable et de galets dont nous avons parlé; et la mer, dans ses empiètements progressifs, mettait quelquefois à nu, au moment des basses eaux, les fondations de ce terrain marécageux, sur lesquelles un courant d'eau douce se précipitant, lors de l'abaissement des marées, entrainait avec lui une grande quantité de sable servant de base à la formation. La couche supérieure de matière végétale, consolidée par les racines qui formaient alentour une sorte de tresse, résista quelque temps à l'action de l'eau; mais plus tard, ayant été minée, elle s'enfonça au-dessous du niveau de la mer, et les vagues y déposèrent du sable et des galets. Il se peut aussi que le barrage accidentel du ruisseau, occasionné par l'accumulation du sable et des cailloux qui sont précipités dans son lit pendant les orages, aide beaucoup à cette opération. Or M. Harris m'informe qu'un cas semblable est arrivé dans les années 1818 et 1824, et que le lit du ruisseau fut complétement obstrué. En cette circonstance, on s'empressa de creuser un canal artificiel, et l'on fit bien, car autrement la partie inférieure de la vallée eût été inondée et, par suite, les couches inférieures se trouvant plus fortement imprégnées d'eau, la tendance de celle-ci à s'échapper à travers aurait augmenté en raison même de la pression. A l'appui de cette hypothèse, on peut observer que de petits courants d'eau douce passent souvent sous les sables du rivage de la mer, ce qui fait qu'on peut les traverser à pied sec et qu'au point où l'eau reparait, on la voit entrainant avec elle du sable et même des cailloux.

Le Rév. W. B. Clarke, après avoir examiné la tourbe sous-

marine de Bournemouth et plusieurs autres accumulations semblables sur la côte nord de Poole Harbour, adoptant, en 1838, l'opinion de l'Archidiacre Harris et la mienne, en est venu à conclure que ces dépôts se sont enfoncés et ont été submergés à des époques modernes, par suite de l'affouillement des couches sableuses sur lesquelles ils reposaient, et qu'ils n'impliquent aucun affaissement général ou aucun changement de niveau dans cette partie de la côte (1).

Forêt submergée dans la Baie de Fundy. — Un des exemples les plus authentiques d'un ancien sol élevé avec arbres et maintenant recouvert, à la haute mer, d'environ 9 mètres d'eau, se rencontre au fort Lawrence, dans la Baie de Fundy, près de la limite qui sépare la Nouvelle-Écosse du Nouveau-Brunswick. Le Dr Dawson, géologue expérimenté et observateur très-consciencieux, a démontré qu'au-dessous des couches marécageuses d'alluvion marine, renfermant des coquilles de *Sanguinolaria fusca* (coquille bivalve probablement identique avec la *Tellina Baltica*, Linn.), il se trouve un lit d'argile bleue compacte, qui repose sur un ancien sol tourbeux, avec racines et troncs d'arbres en position verticale. Tous les troncs observés sur ce point appartenaient aux espèces Pins et Hêtres (*Pinus strobus* et *Fagus ferruginea*), arbres qui indiquent plutôt un sol élevé et sec qu'un terrain marécageux. Le plus gros de ces troncs de pins mesurait 0m75 de diamètre et présentait environ 200 anneaux de croissance annuelle. Le Dr Dawson a compté jusqu'à trente de ces troncs dans une étendue limitée, et la même formation se retrouve sur tant de points qu'il en a été porté à conclure qu'un affaissement très-général du sol avait eu lieu dans le même district. Les marées puissantes de la Baie de Fundy, qui s'élèvent à 12 mètres et retombent de la même hauteur, font que cette formation se trouve exposée à la vue sur plu-

(1) *On Peat-bogs and Submarine Forests of Bourne-Mouth.* Rev. W. B. Clarke. *Proc. of Geol. Soc.*, p. 599, 1838.

sieurs points d'une manière toute particulière, le dépôt étant laissé à nu par les empiètements continuels de la mer (1).

Minéralisation de plantes. — Quoique jusqu'à présent les botanistes et les chimistes n'aient pu expliquer complétement la manière dont s'opère la pétrification du bois, il est bien constaté, toutefois, que sous des circonstances favorables, l'acte de la minéralisation se produit aujourd'hui sans discontinuer. M. Stokes s'est procuré dernièrement un morceau de bois provenant d'un ancien aqueduc romain de Westphalie. Quelques parties de ce bois étaient converties en corps fusiformes, consistant en carbonate de chaux, tandis que le reste n'avait, comparativement, subi aucune altération (2). Il paraît que ce sont tantôt les parties les plus périssables, et tantôt les parties les plus durables des plantes qui se conservent, et que ces variations dépendent sans aucun doute du moment où la matière minérale est fournie. Lorsqu'elle se trouve introduite dès le commencement de la décomposition, les parties les plus destructibles sont lapidifiées, tandis que les plus durables, celles qui ne périssent que lorsque la matière minéralisante vient à manquer, ne peuvent jamais être pétrifiées. Des circonstances contraires donnent lieu à des résultats tout à fait opposés.

Le professeur Göppert, de Breslau, a fait une série d'expériences fort curieuses, dans lesquelles il est parvenu à produire quelques imitations fort remarquables de pétrifications fossiles. Il plaça des fougères récentes entre des couches molles d'argile qu'il fit sécher à l'ombre; et puis il les échauffa lentement et graduellement jusqu'au rouge. Cette opération donna pour résultat une si parfaite imitation de plantes fossiles, qu'un géologue, même très-exercé, aurait pu s'y tromper. Suivant les différents degrés de chaleur appli-

(1) Dawson, *Submerged Forest at Fort Lawrence. Quart. Geol. Journ.*, vol. XI, p. 119, 1854.
(2) *Geol. Trans.*, 2e sér., vol. V, p. 212.

qués à l'argile, les plantes se trouvaient de couleur brunâtre, ou à l'état de carbonisation complète ; quelquefois, mais plus rarement, elles étaient d'un noir brillant, et adhéraient fortement à la couche d'argile. Si la chaleur rouge était maintenue jusqu'à ce que toute la matière organique fût comburée, il ne restait plus que l'empreinte de la plante.

Le même chimiste fit tremper des plantes dans une solution de sulfate de fer d'une force modérée, et les y laissa pendant plusieurs jours, jusqu'à ce qu'elles fussent complétement imprégnées de ce liquide. Il les fit sécher ensuite, et les maintint à un certain degré de chaleur, jusqu'à ce que tout effet de contraction eût cessé et qu'il ne restât plus aucune trace de matière organique. En les laissant refroidir, il s'aperçut que l'oxyde résultant de cette opération avait pris exactement la forme des plantes. Diverses autres expériences furent faites en plongeant des substances animales et végétales dans des solutions siliceuses, calcaires et métalliques, et toutes tendirent à prouver que la minéralisation des corps organiques exigeait un temps beaucoup moins long qu'on ne l'avait supposé d'abord (1).

Enfouissement d'insectes. — Parmi les coléoptères dont j'ai observé les élytres et diverses autres parties, dans une bande d'argile fissile placée entre deux lits de marne coquillière récente, dans le Lac de Kinnordy (Forfarshire), M. Curtis a reconnu deux espèces encore vivantes en Écosse, *Elator lineatus* et *Atopa cervina*. Ces débris, et plusieurs autres qui les accompagnaient, semblaient appartenir, non à des espèces aquatiques, mais à des espèces terrestres, et doivent avoir été introduits dans l'eau vaseuse pendant une inondation. La tourbe lacustre de la même localité renferme une assez grande quantité d'élytres de coléoptères ; mais, généralement, les débris provenant de ces insectes sont fort rares dans la

(1) Goppert, *Poggendorff's Annalen der Physic und Chemie*, vol. XXXVIII, part. IV. Leipsic, 1839. Voir aussi le *Manuel de géologie* de Lyell, p. 48.

vase de nos estuaires, ainsi que dans les dépôts des lacs desséchés. Le Dr Mantell a trouvé dans l'argile bleue récente des plaines de Lewes une multitude d'Indusies, ou étuis de larves de Phryganes, avec de très-petites coquilles appartenant aux genres Planorbis, Limnea, etc., qui y adhéraient (1).

En parlant de la migration des insectes, j'ai signalé qu'un grand nombre d'entre eux sont tantôt transportés, à l'aide du flottage et par l'intermédiaire des rivières, dans les lacs et dans les mers, tantôt entraînés loin des terres par les vents. Ils sont doués à tel point de la faculté de se soutenir sur l'eau, qu'à moins de circonstances tout à fait exceptionnelles, on ne peut supposer qu'ils tombent au fond; ils deviennent la proie d'animaux insectivores ou sont décomposés.

Enfouissement de reptiles d'eau douce et terrestres. — Après la découverte que l'on a faite de plusieurs cadavres de crocodiles, dans le limon amené à la mer par l'inondation fluviatile qui accompagna le tremblement de terre ressenti à Java en 1699, on peut supposer que des inondations extraordinaires de limon étouffent un grand nombre des alligators et autres reptiles qui, sous les climats tropicaux, abondent dans les lacs et dans les deltas des rivières. Parmi les débris entraînés à la mer par les inondations qui eurent lieu en 1829, dans le Morayshire, on trouva des milliers de grenouilles encore vivantes (2); et il est évident que chaque fois qu'une falaise est démolie, ou que quelque portion de terre ferme est entraînée dans la mer par d'autres causes violentes, des reptiles terrestres peuvent, par suite, s'y trouver aussi transportés.

Débris d'oiseaux. — Il était facile de prévoir que l'ensevelissement des débris d'oiseaux dans des strates récentes ne devait avoir lieu que très-rarement, car la faculté de voler dont jouissent ces animaux les garantit de la plupart des accidents auxquels les quadrupèdes sont exposés pendant les

(1) *Trans. Geol. Soc.*, vol. III, part. I, p. 201, 2e série.
(2) Sir T. D. Lauder's, *Account*, 2e édit., p. 312.

inondations. Lors même qu'ils viennent à être noyés, ou à périr pendant qu'ils flottent sur l'eau, presque jamais ils ne sont submergés de manière à être conservés dans des dépôts sédimentaires. Par suite de la structure tubulaire de leurs os et de la quantité de leurs plumes, ils sont extrêmement légers relativement à leur volume ; de sorte qu'au lieu de tomber au fond, dès qu'ils sont morts, comme les quadrupèdes, leurs cadavres flottent à la surface, jusqu'à ce qu'ils se putréfient, ou qu'ils soient dévorés par des animaux de proie. Or, c'est à ces causes que l'on peut attribuer l'absence de tout vestige d'ossements d'oiseaux dans les marnes récentes d'Écosse, quoique les lacs où elles se sont déposées aient été fréquentés par une multitude d'oiseaux aquatiques, jusqu'au moment où ces lacs furent artificiellement desséchés.

ENFOUISSEMENT DE QUADRUPÈDES TERRESTRES.

Les inondations fluviatiles se reproduisent, dans plusieurs contrées, à des intervalles très-irréguliers, et exercent leurs ravages sur les riches plaines d'alluvion où se réunissent de nombreux troupeaux de quadrupèdes herbivores. Ces animaux sont souvent surpris par les inondations, et comme ils sont incapables d'aller contre le courant, ils se trouvent entraînés, jusqu'à ce qu'étant noyés ils tombent immédiatement au fond. Ils sont alors transportés avec le sédiment, soit dans des lacs, soit dans des mers, et ils peuvent être recouverts par une masse de limon, de sable et de cailloux. Mais lorsqu'aucun sédiment ne se dépose sur eux, les gaz engendrés par la putréfaction les font ordinairement remonter à la surface vers le neuvième jour de leur immersion, ou le quatorzième au plus tard. La pression d'une mince couche de limon ne suffirait pas pour les retenir au fond ; car on voit des cadavres de chiens et de chats en putréfaction qui, bien que chargés de poids considérables, flottent même dans les rivières, ce qui

doit faire supposer que dans l'eau de mer ils flotteraient encore plus aisément.

Lorsqu'un corps se trouve ainsi enterré dans du sable de transport, ou sous un dépôt de limon qui l'empêche de remonter, le squelette peut se conserver en entier; mais s'il revient à la surface, quand une fois la putréfaction a commencé, les os alors se détachent ordinairement du cadavre flottant et tombent en morceaux, de sorte qu'ils sont disséminés au hasard sur le fond du lac, de l'estuaire ou de la mer. Par suite, une mâchoire peut se trouver en un endroit, une côte dans un autre, un humérus ailleurs encore, le tout pouvant être enfermé dans une gangue composée de matériaux fins, indiquant que le pouvoir de transport qu'avait le courant était d'une faiblesse extrême, ou même nul, et que l'ensevelissement est simplement dû à l'action d'une précipitation chimique.

Un grand nombre de cadavres des animaux noyés sont, dans les climats chauds surtout, dévorés par des requins, des alligators, et par d'autres animaux carnivores organisés de manière à digérer même les os, dès que ces cadavres viennent à flotter, soit dans la mer, soit dans un lac. Mais lorsque pendant des inondations extraordinaires, une grande quantité d'animaux terrestres se trouvent détruits, les eaux sont ordinairement si troubles, particulièrement au fond, que les espèces aquatiques elles-mêmes sont forcées de se réfugier sur les points où l'eau est plus claire, pour n'être point étouffées. Or, c'est cette circonstance qui, jointe à la rapidité avec laquelle s'opère dans de pareils moments le dépôt du sédiment, fait supposer que le nombre des cadavres ainsi enfouis d'une manière permanente est très-considérable.

Marnes coquillières récentes, en Écosse. — On rencontre quelquefois de nombreux squelettes de quadrupèdes dans des marnes coquillières récentes, en Écosse, où leur enfouissement ne peut être attribué ni à l'action des rivières,

ni à celle des inondations. Ils appartiennent tous à des espèces qui habitent actuellement l'Écosse, ou que l'on sait y avoir été indigènes. Dans le dernier siècle, on a recueilli les débris de plusieurs centaines de squelettes, dans cinq ou six petits lacs situés dans le Forfarshire, où l'on a exploité la marne coquillière. Les ossements du cerf (*Cervus Elaphus*) sont les plus nombreux, et si l'on rangeait ceux des autres animaux suivant leur abondance relative, ils viendraient à peu près dans l'ordre suivant : ceux du bœuf, du sanglier, du cheval, du mouton, du chien, du lièvre, du renard, du loup et du chat. Le castor, quoique extrêmement rare, a été trouvé dans la marne coquillière du Lac Marlie (Pertshire) et dans la paroisse d'Edrom (Berwickshire).

Dans la plus grande partie de ces dépôts lacustres, il n'existe aucun signe d'inondations, et l'étendue de l'eau y a été, à l'origine, si limitée, que le plus petit des quadrupèdes sus-mentionnés aurait pu passer à la nage d'un rivage à l'autre des lacs en question. Il se peut que des daims, ainsi que plusieurs autres espèces qui ne craignent pas de se jeter à l'eau, ont été souvent embourbés en essayant d'aborder sur un point où le fond était mou et vaseux, et dans lequel ils s'enfonçaient davantage à mesure qu'ils faisaient plus d'efforts pour en sortir. Je pense, toutefois, que la plupart des individus appartenant à différentes espèces, sont tombés dans ces dépôts en traversant, pendant l'hiver, leur surface gelée; car rien n'est aussi perfide que la glace lorsqu'elle est couverte de neige, à cause du grand nombre de sources qui sourdent en-dessous, à une température constante, et qui la rendent extrêmement mince en quelques points, tandis que dans toute autre partie du lac elle se trouve assez forte pour supporter les poids les plus lourds.

Inondation dans le Solway-Firth, 1791. — Une des inondations les plus remarquables qui aient eu lieu dans les

temps modernes, est celle qui se répandit sur une partie des côtes méridionales de l'Écosse, le 24 janvier 1794, et qui occasionna particulièrement de grands ravages dans le pays avoisinant le Solway Firth.

Le capitaine Napier rapporte que, des pluies considérables ayant gonflé tous les cours d'eau qui débouchent dans le Solway Firth, l'inondation qui s'ensuivit emporta non-seulement un grand nombre de bêtes à cornes et de moutons, mais aussi des pâtres et des bergers, dont les corps furent entraînés dans l'estuaire. Lorsque, après l'orage, les eaux commencèrent à baisser, un spectacle extraordinaire s'offrit à la vue, sur le grand banc de sable désigné sous le nom de The beds of Esk, où il y a une rencontre de deux courants de marée, et où, ordinairement, après de grandes inondations, les corps pesants viennent échouer. Sur ce seul banc furent trouvés pêle-mêle 3 cadavres humains, deux d'homme et un de femme, 9 vaches ou bœufs, 3 chevaux, 1,840 moutons, 45 chiens, 180 lièvres et un grand nombre d'animaux plus petits (1).

Inondations en Écosse, 1829. — Les inondations les plus récentes qui, dans le mois d'août 1829, se manifestèrent en Écosse, donnèrent lieu à une scène de désolation effroyable, dans un des districts les plus fertiles de la côte orientale de cette contrée. Une grande quantité d'animaux et de plantes furent entraînés par le flot de l'inondation, puis retrouvés, après l'orage, disséminés autour de l'embouchure des principales rivières. Un témoin oculaire de la scène qui eut lieu à l'embouchure de la Spey, dans le Morayshire, la raconte en ces termes : « On voyait, sur une étendue de plusieurs kilomètres, le long du rivage, une multitude de gens s'efforçant de sauver les bois et les autres débris dont la marée était chargée, tandis que le bord de la mer était jonché de cada-

(1) *Treatise on Practical Store Farming*, p. 25.

vres d'animaux domestiques, et de millions de lièvres et de lapins morts (1). »

Savanes de l'Amérique du Sud. — Humboldt nous apprend que, lors des crues périodiques des grandes rivières de l'Amérique du Sud, des quantités considérables de quadrupèdes sont noyées annuellement. C'est ainsi que les chevaux sauvages qui paissent par troupeaux immenses dans les savanes, ou plaines à pâturages, périssent, dit-on, par milliers dans l'Apure, avant d'avoir le temps d'atteindre les hautes terres du Llanos, lorsque les eaux de ce tributaire de l'Orénoque viennent à gonfler. Pendant la saison des hautes eaux, on voit des juments, suivies de leurs poulains, nageant et se nourrissant d'herbes dont le sommet seul dépasse le niveau des eaux. Dans cet état, elles sont poursuivies par des crocodiles, et leurs cuisses portent souvent l'empreinte des dents de ces reptiles carnivores. « Telle est, observe le célèbre voyageur, la flexibilité de l'organisation des animaux que l'homme a assujettis à sa domination, que les chevaux, les vaches, et plusieurs autres espèces d'origine européenne, peuvent, pendant un certain temps, mener une vie amphibie, entourés de crocodiles, de serpents d'eau et de lamentins. Quand les rivières rentrent dans leurs lits, ils bondissent dans la savane, qui, alors, est couverte d'une herbe fine et odoriférante, et jouissent, comme dans leur climat natal, du renouvellement printanier de la végétation (2). »

Débordements du Parana. — Nous avons déjà parlé du grand nombre d'animaux qui, pendant les saisons de pluie, sont noyés dans les tributaires de la Plata. Sir W. Parish rapporte que le Parana, qui sort des montagnes du Brésil et se décharge dans l'estuaire de la Plata, est sujet à de grands débordements, dont l'un amena, en 1812, la destruction d'une énorme quantité de bétail. « Quand les eaux commencèrent

(1) Sir T. D. Lauder's, *Floods in Morayshire*, 1829. et voir le vol. I, p. 461.
(2) Humboldt, *Pers. Nat.*, vol. IV. p. 394.

à se retirer, et que les îles qu'elles avaient couvertes redevinrent visibles, l'atmosphère fut pendant longtemps empoisonnée par les miasmes qui se dégageaient des innombrables cadavres de putois, de capiguaras, de tigres et de plusieurs autres animaux sauvages qui avaient été noyés (1). »

Débordements du Gange. — Tous ceux qui ont décrit le Gange et le Barrampooter s'accordent à dire que ces fleuves entraînent avec eux, au moment de l'inondation, non-seulement des quantités considérables de roseaux et de bois, mais aussi des cadavres d'hommes, de daims et de bœufs (2).

Java, 1699. — J'ai déjà décrit les effets d'une inondation qui accompagna le tremblement de terre que l'on ressentit à Java en 1699, lorsque les eaux troubles de la rivière Batavia détruisirent tous les poissons à l'exception des carpes, et que les corps noyés de buffles, tigres, rhinocéros, daims, singes et autres bêtes sauvages, furent entraînés par le courant jusqu'au rivage de la mer, avec plusieurs crocodiles qui avaient été étouffés dans le limon (voir ci-dessus, p. 204).

Une autre, plus récente, eut lieu sur la côte occidentale de la même île, dans le territoire de Galongoon, faisant partie des Régences, à la suite d'une éruption volcanique qui éclata en 1822, et que nous avons décrite plus haut, p. 73. Lors de cette inondation, la rivière Tandoi entraîna plusieurs centaines de cadavres de rhinocéros et de buffles; et plus de cent personnes, tant hommes que femmes, faisant partie d'une foule réunie sur les bords de ce fleuve pour célébrer une fête, furent noyées en même temps. Nous ignorons si tous ces corps atteignirent la mer, ou s'ils furent déposés, avec d'autres matières transportées, sur quelqu'une des grandes plaines d'alluvion intermédiaires (3).

(1) Buenos-Ayres et la Plata, p. 187.
(2) Malte-Brun, *Géog.*, vol. III. p. 22.
(3) Je tiens ce récit de M. Baumbauer, directeur général des finances, à Java.

Sumatra. — « J'ai vu, dit Heynes, sur la côte d'Orissa, des tigres, des troupeaux entiers de gros bétail et des arbres énormes, entraînés par ce qu'on appelle des *freshes*, ou crues de rivières (1). »

Virginie, 1771. — Je pourrais citer un grand nombre de déluges locaux qui, principalement dans les régions tropicales, ont envahi les terres fertiles situées au bord des grands fleuves; mais une telle énumération dépasserait les limites assignées à cet ouvrage. Je ferai remarquer seulement que la destruction des îles, dans les rivières, est souvent accompagnée de la perte d'un grand nombre d'êtres vivants. Ainsi, lorsqu'en 1771, la principale rivière de la Virginie s'éleva de 7m50 au-dessus de son niveau ordinaire, elle emporta entièrement l'île d'Elk, sur laquelle se trouvaient près d'une centaine de maisons et 700 têtes de quadrupèdes, — chevaux, bœufs, moutons et porcs (2).

Le lecteur conclura de ce qui a été dit précédemment au sujet de l'accumulation des sédiments par les causes aqueuses, que le plus grand nombre des débris de quadrupèdes entraînés par les rivières doivent être arrêtés par des lacs, ou ensevelis dans les formations d'eau douce près des embouchures des rivières, avant qu'ils atteignent la mer. Quant à ceux qui sont transportés plus loin, il est tout à fait probable qu'ils remontent à la surface lorsqu'ils sont en putréfaction. Dans ce cas, ils sont dévorés par les animaux de proie aquatiques, ou tombent en quelque point où il ne se dépose aucun sédiment, et où, par suite, il ne restera d'eux aucun vestige dans le cours des temps.

Débris de mammifères trouvés dans des strates marines. — Comme la tourbe et les lacs analogues à ceux que nous venons de décrire, renferment souvent un grand nombre d'ossements de mammifères, il peut arriver quelquefois que

(1) *Tracts on India*, p. 397.
(2) *Scots Mag.*, vol. XXXIII.

les empiétements de la mer sur une côte mettent à découvert les squelettes qui y sont enfouis, et par suite les exposent à être entraînés par les marées et par les courants, et à être ensevelis dans des formations sous-marines. Quelques-uns des petits quadrupèdes qui creusent le sol, ainsi que les reptiles et toutes les espèces de plantes, sont sujets à être engloutis dans les vagues par cette même cause, qui ne doit pas être négligée, quoique probablement elle soit de bien peu d'importance, comparativement aux nombreux agents qui concourent à l'ensevelissement des débris organiques terrestres dans les strates sous-marines.

Pendant le grand tremblement de terre qui eut lieu à la Conception, en 1835, quelques bestiaux qui se trouvaient sur les pentes escarpées de l'île de Quiriquina, furent précipités dans la mer par le choc ; en même temps, soixante-dix animaux, qui étaient sur une île basse située à l'extrémité supérieure de la baie de la Conception, furent entraînés par une grande vague et noyés (1).

(1) *Darwin's Journ.*, p. 372 ; 2e édit., 1845, p. 304.

CHAPITRE XLVII

ENFOUISSEMENT DE DÉBRIS HUMAINS ET D'OUVRAGES DUS A L'INDUSTRIE DE L'HOMME DANS DES COUCHES SOUS-AQUEUSES.

Transport de corps humains à la mer par des inondations fluviatiles. — Comment les corps humains peuvent se conserver dans des dépôts récents. — Squelettes fossiles d'hommes. — Nombre de vaisseaux naufragés. — Canots, vaisseaux et ouvrages d'art fossilisés. — Changements chimiques observés dans des objets métalliques après un long séjour dans l'eau. — Ensevelissement de villes et de forêts dans des strates sous-aqueuses, par suite de l'affaissement du sol. — Tremblement de terre au Kotch, en 1819. — Temples enfouis de Cachemire. — Arguments de Berkeley en faveur de l'origine récente de l'homme. — Monuments de l'homme pré-historique découverts dans des strates post-tertiaires.

Nous allons examiner maintenant comment les restes mortels de l'homme et les ouvrages dus à son industrie peuvent être conservés dans des couches sous-aqueuses. Tous les vestiges résultant des centaines de millions d'êtres humains qui périssent, chaque siècle, sur la portion solide du globe, sont généralement détruits dans le cours de quelques milliers d'années; tandis qu'une partie considérable des débris provenant des individus bien moins nombreux qui trouvent la mort dans les eaux, peut se conserver pendant des périodes géologiques entières.

Des cadavres humains sont quelquefois transportés, avec ceux d'animaux inférieurs, dans des mers et dans des lacs, pendant des inondations fluviatiles. Belzoni fut témoin, en septembre 1818, d'une inondation du Nil qui, bien que le fleuve n'eût dépassé que de 1m05 son niveau ordinaire, entraina divers villages, avec plusieurs centaines d'hommes, de femmes et d'enfants (1). Nous avons déjà vu qu'en 1763 une crue de 1m80, dans le Gange, occasionna la perte d'un nombre d'individus bien plus considérable encore (voir vol. I, p. 622).

(1) *Narrative of Discovery in Egypt*. etc., London, 1820.

En 1771, époque à laquelle les inondations, dans le nord de l'Angleterre, paraissent avoir égalé celles qui eurent lieu en 1829, dans le Morayshire, un grand nombre de maisons furent emportées, avec leurs habitants, par les rivières Tyne, Can, Wear, Tees et Greta, qui, dans leur cours, démantelèrent jusqu'à vingt et un ponts. Au village de Bywell, l'inondation arracha du cimetière les cercueils et les corps qu'ils renfermaient, et les entraîna au loin avec plusieurs individus qui habitaient ce lieu. Pendant la même tempête, une immense quantité de bétail, de chevaux et de moutons furent aussi transportés dans la mer, dont le rivage était entièrement couvert de débris de vaisseaux. Quatre siècles auparavant, en 1338, le même district avait été pareillement désolé par des pluies considérables et continues qui avaient été suivies d'inondations désastreuses, ce qui tend à faire supposer que ces catastrophes reviennent périodiquement, quoiqu'à des intervalles non déterminés. L'augmentation de la population, et celle des bâtiments et des ponts, doivent faire craindre que le nombre des individus et des propriétés atteints par ce fléau n'aille aussi en croissant (1).

Conservation de corps humains dans le lit de la mer. — Si aux centaines de corps humains jetés à la mer comme lieu ordinaire de sépulture, on ajoute ceux des individus qui périssent dans les naufrages, on reconnaîtra combien est considérable le nombre de débris humains qui, dans le cours d'une seule année, se trouvent ainsi confiés aux régions sousaqueuses. D'après un calcul, dans les détails duquel j'entrerai tout à l'heure, il paraît que dans la période de 1793 à 1829, plus de cinq cents vaisseaux *anglais*, du port moyen de 120 tonneaux, ont fait naufrage et ont été coulés à fond *chaque année*. Dans ces cas, l'équipage de ces bâtiments est le plus ordinairement sauvé, quoique parfois, pourtant, il leur

(1) Scots Mag., vol. XXXIII, 1771.

arrive de périr, corps et biens. Dans une grande action navale, on a vu quelquefois plusieurs milliers d'individus trouver leur tombe dans l'océan.

Un grand nombre de ces cadavres sont dévorés à l'instant par des poissons, même avant qu'ils aient atteint le fond; plus souvent, toutefois, ils ne deviennent leur proie qu'au moment où, entrant en putréfaction, ils remontent et flottent à la surface. D'autres se décomposent sur le fond de l'océan, en des points où aucun sédiment ne les recouvre; mais lorsqu'ils viennent à tomber, soit sur un récif où des coraux et des coquilles sont en voie de s'agglutiner de manière à constituer une roche solide, soit sur quelque point où se forme le delta d'une rivière, ils peuvent alors se conserver pendant un nombre de siècles incalculable.

Il arrive souvent qu'à la distance de quelques dizaines de mètres d'un récif de coraux, là où les naufrages sont fréquents, la sonde ne touche pas le fond, même à la profondeur de plusieurs centaines de brasses; il se peut que des canots, des bâtiments marchands et des vaisseaux de guerre aient sombré en de semblables points, et y aient été enveloppés dans des brèches et des sables calcaires, détachés par les brisants du sommet de quelque montagne sous-marine. Si une éruption volcanique venait à couvrir ces débris de cendres et de sable, et qu'ensuite un courant de lave se répandit sur eux, les vaisseaux et les squelettes humains pourraient se maintenir intacts sous la masse incombante, comme le sont les maisons et les objets d'art que renferment les villes souterraines de la Campanie. Déjà, peut-être, un grand nombre de débris humains se trouvent-ils ainsi ensevelis et conservés sous des formations de 300 mètres d'épaisseur; car il y a des archipels volcaniques où il suffirait d'une période de trente ou quarante siècles pour produire une pareille accumulation. Il a été constaté qu'à la distance d'environ 64 kilomètres de la base du delta du Gange, il se trouve un espace elliptique de 24 kilo-

mètres de diamètre, où, quelquefois, des sondages de 100 à 300 brasses n'atteignent pas le fond (voir vol. I, p. 623). Comme, pendant la saison des inondations, la quantité de limon et de sable que de grands fleuves déposent dans le golfe du Bengale est si considérable, que la mer ne reprend sa transparence qu'à la distance de 96 kilomètres de la côte, il s'ensuit que la dépression dont nous venons de parler doit se combler graduellement, surtout à l'époque des moussons, où la mer, chargée de limon et de sable, est repoussée dans cette direction vers le delta. Si donc un vaisseau ou un corps humain vient à tomber en un tel point, il est très-probable qu'il sera bientôt enseveli sous le sédiment.

La partie même du fond de l'océan où n'arrive aucune matière de transport (partie qui, probablement, constitue, à une époque donnée, la portion la plus considérable de toute l'aire sous-marine) ne laisse pas d'offrir, quand un naufrage a lieu, des circonstances favorables à la conservation des squelettes. En effet, lorsque, pendant la nuit surtout, un bâtiment vient à faire eau subitement, plusieurs personnes sont noyées entre les ponts et dans leurs cabines, de sorte que leurs corps sont empêchés de revenir à la surface. Souvent le vaisseau donne sur un fond inégal, et est renversé sens dessus dessous; dans ce cas, le lest, qui consiste en sable, en galets et en fragments de roches, ou bien la cargaison, qui, d'ordinaire, se compose de matériaux durables et pesants, peut retomber sur les corps et les recouvrir. Quand ce sont des vaisseaux de ligne, les canons, les boulets et autres munitions de guerre pressent de tout leur poids sur la carcasse du bâtiment, à mesure que le bois se pourrit, et la conservation des ossements humains est assurée lorsqu'ils se trouvent sous ces débris et sous les substances métalliques.

De la propriété qu'ont les débris humains de résister à la décomposition. — On ne peut mettre en doute que les débris humains ne puissent aussi bien résister à la décompo-

sition que les parties les plus dures des animaux inférieurs. J'ai déjà cité cette remarque de Cuvier que « les ossements d'hommes que l'on a trouvés enfouis dans des champs de bataille anciens, n'avaient pas subi une décomposition plus grande que ceux des chevaux qui étaient enterrés avec eux. » (Voir vol. I, p. 215.) Dans le delta du Gange, on a découvert des ossements humains en creusant un puits de la profondeur de 27 mètres (1); mais comme ce fleuve est très-sujet à changer de cours et à combler ses anciens canaux, rien n'autorise à supposer que ces débris soient d'une très-grande antiquité, ou qu'ils fussent déjà ensevelis lorsque la partie du delta environnant où ils se trouvent était soustraite à la mer.

On a découvert plusieurs squelettes humains, plus ou moins mutilés, sur la côte nord-ouest de la Grande-Terre de la Guadeloupe, aux Antilles, dans une sorte de roche que l'on sait en voie de se former, et qui consiste en parcelles de coquilles et de coraux, unies par un ciment calcaire analogue au travertin. On reconnait à la loupe que plusieurs des fragments de coraux qui composent cette pierre ont la même teinte rouge que les coraux actuellement contenus dans les récifs environnant l'île. Les coquilles appartiennent à des espèces de la mer voisine, auxquelles sont mêlées quelques espèces terrestres, qui vivent encore aujourd'hui sur l'île, et parmi lesquelles on remarque le *Bulimus Guadalupensis* de Férussac. Les squelettes humains conservent encore une partie de leur matière animale et tout leur phosphate de chaux. Un d'entre eux, auquel la tête manque, se voit aujourd'hui au British Museum, et un autre au Cabinet d'histoire naturelle de Paris. Suivant M. König, la roche dans laquelle le premier est renfermé résiste plus à la scie et au ciseau que le marbre statuaire. Elle est décrite comme formant une espèce de glacis, dont l'origine semble devoir être attribuée à un rivage solidifié,

(1) Von Hoff, vol. I, p. 379.

qui s'incline à partir des bords escarpés de l'île, et que l'eau recouvre en grande partie à la haute mer.

Nombre de vaisseaux naufragés. — Lorsqu'on réfléchit au nombre de monuments curieux qu'a engloutis l'Océan dans le cours de chaque guerre navale qui a été livrée depuis les temps les plus anciens, on voit encore s'accroître la multitude de souvenirs durables que l'homme laisse après lui de ses travaux. Pendant les dernières guerres de l'Angleterre avec la France, 32 vaisseaux de ligne appartenant à la marine Anglaise coulèrent à fond dans l'espace de vingt-deux ans, sans compter 7 vaisseaux de 50 canons, 86 frégates et un très-grand nombre de bâtiments plus petits. Les flottes des autres puissances Européennes, telles que la France, la Hollande, l'Espagne et le Danemarck, furent, pendant cette période, presque entièrement détruites ; de sorte que la totalité de leurs pertes doit avoir excédé de beaucoup celles de la Grande-Bretagne. Chacun de ces vaisseaux renfermait des batteries de canons en fer ou en bronze, dont un grand nombre portaient l'inscription, en caractères fondus, de la date de leur fabrication et du nom de la manufacture d'où ils étaient sortis. Ils contenaient tous des pièces de monnaie en cuivre, en argent et souvent en or, pouvant servir de monuments historiques précieux. Ils renfermaient aussi une multitude d'instruments divers, relatifs aux arts de la paix et de la guerre ; plusieurs, étant de verre et de poterie, pouvaient durer des temps indéfinis, une fois placés hors d'atteinte de l'action mécanique des vagues, et ensevelis sous une masse de matière qui pût les garantir de l'action corrosive de l'eau de mer. De plus, la quantité de bois de charpente qui se trouve transportée de la terre ferme dans l'Océan, par suite du nombre de vaisseaux de grande dimension qui coulent bas, est énorme ; car on a calculé que la construction d'un vaisseau de 74 canons exige 2,000 tonneaux de bois. Or, en supposant qu'un terrain de 0^hect^404 puisse fournir cinquante chênes de 100 ans, il ne fau-

drait pas moins d'une étendue de 16^{hect}160 de forêt de chênes pour fournir à la construction d'un seul de ces vaisseaux (1).

Ce serait une erreur de croire que les fureurs de la guerre contribuent plus que l'esprit pacifique des entreprises commerciales à l'accumulation de vaisseaux naufragés dans le lit de la mer. Feu l'amiral Smyth a calculé, d'après les listes du *Lloyd*, pour les années écoulées entre 1793 et le commencement de 1829, que le nombre de vaisseaux perdus pendant cette période par la marine Britannique seulement, donne une moyenne de un et demi par *jour*, au moins ; chiffre qu'il eût été difficile de prévoir, quoique les tables de Moreau indiquent que le nombre de vaisseaux marchands employés à la même époque par l'Angleterre et l'Écosse, est de 20,000 environ, du port moyen de 120 tonneaux (2). Suivant les listes du *Lloyd* pour les années 1829, 1830 et 1831, on avait eu à déplorer la perte de 1,953 vaisseaux dans l'espace de ces trois ans ; leur port moyen était à peu près de 150 tonneaux, ce qui fait environ 300,000 tonneaux pour le tout, ou 100,000 par an — quantité énorme pour la marine marchande d'une seule nation.

Sur 551 vaisseaux de la marine royale que perdit l'Angleterre pendant la période ci-dessus mentionnée, 160 seulement furent pris ou détruits par l'ennemi ; tout le reste échoua, coula à fond, ou fut brûlé par accident ; ce qui prouve que quelque grands que soient les dangers inhérents au service naval, ils peuvent être de beaucoup surpassés par ceux qu'occasionnent les tempêtes, les écueils, les échouages et tous les autres périls que présente la mer (3).

Le tableau des pertes maritimes pour 1866, publié par le Conseil du Commerce (*Board of the Trade*), constate que le nombre des vaisseaux naufragés, ou détruits, en mer, par d'autres accidents, s'est élevé jusqu'à 1,860 sur la côte du

(1) *Quart. Journ. of Agricult.*, n° IX, p. 433.
(2) Cœsar Moreau, *Tables of the navigation of Great Britain*.
(3) Ces renseignements sont dus à feu l'amiral Smith, de la marine royale.

Royaume-Uni et dans les eaux adjacentes, et que celui des personnes noyées a atteint le chiffre de 896 ; — ce qui prouve que les pertes deviennent d'autant plus grandes que s'accroît davantage l'activité des relations commerciales.

Vaisseaux, canots et objets d'art enfouis. — Quand un vaisseau échoue dans une partie peu profonde de la mer, il devient ordinairement le noyau d'un banc de sable, ainsi que cela a eu lieu dans plusieurs de nos ports, et cette circonstance contribue beaucoup à sa conservation. De 1780 à 1790, un vaisseau venant de Purbeck, avec une charge de 300 tonneaux de pierres, frappa contre un haut-fond, à la hauteur de l'entrée de Poole Harbour, et sombra ; l'équipage fut sauvé, mais le vaisseau et la cargaison sont, jusqu'à ce jour, restés au fond de la mer. Depuis cette époque, le haut-fond situé à l'entrée du port s'est tellement étendu vers l'ouest, du côté de Peveril Point, dans la presqu'île de Purbeck, que le canal navigable se trouve maintenant à 1,600 mètres plus près de ce point (1). Un tel fait s'explique aisément quand on considère que le courant de la marée dépose le sédiment dont il est chargé autour des objets qui entravent sa marche. De même, la matière entraînée sur le fond est arrêtée aussi par tout ce qui lui fait obstacle, et s'y accumule, comme lorsque les tempêtes de sable, qui ont lieu en Afrique, et dont nous avons donné la description, forment une petite colline sur chaque cadavre de chameau qui se rencontre à la surface du désert.

J'ai déjà fait mention d'un ancien vaisseau hollandais trouvé dans un canal abandonné du Rother, en Sussex, et dont le bois, qui était du chêne, avait beaucoup noirci, sans que sa texture fût altérée. (Voir vol. I, p. 691.) L'intérieur était rempli de vase fluviatile, comme celui de deux autres vaisseaux découverts, l'un dans un ancien lit de la Mersey, et l'autre à

(1) Ces renseignements ont été fournis par l'honorable et vénérable Chas. Harris.

l'endroit de la plaine alluviale de la Tamise où les docks de Sainte-Catherine ont été creusés. On a trouvé aussi plusieurs vaisseaux, conservés en entier, dans des couches modernes, formées par l'envasement des estuaires qui s'étendent le long des rivages méridionaux de la Baltique, surtout dans la Poméranie. Entre Bromberg et Nakel, par exemple, on a déterré, loin de la mer, un vaisseau et deux ancres en parfait état de conservation (1).

Dernièrement, on a découvert plusieurs vaisseaux à moitié ensevelis dans le delta de l'Indus, dans les nombreux embranchements abandonnés de ce fleuve, et loin du lit où il coule actuellement. Un de ces vaisseaux, du poids de 400 tonneaux, de construction ancienne et percé de quatorze ouvertures pour un pareil nombre de canons, fut trouvé dans le sud, près de Vikkar, dans une région où il a été mis en doute que de grands bâtiments aient pu jamais naviguer sur l'Indus (2).

A l'embouchure d'une rivière de la Nouvelle-Écosse, une goëlette de 32 tonneaux, chargée d'une cargaison vivante, était placée de manière à présenter son bord à la marée, lorsque la barre ou mascaret, qui, en cet endroit, s'élève à peu près de 3 mètres en hauteur perpendiculaire, se précipita dans l'estuaire, et retourna le vaisseau de telle sorte qu'il disparut à l'instant. Lorsque la marée fut abaissée, la goëlette se trouva si profondément enterrée dans le sable, que le couronnement, ou lisse supérieure, placé au-dessus de la poupe, restait seul visible (3). Leigh rapporte qu'en desséchant le lac Martin (Lancashire), dont la circonférence est de 29 kilomètres, on a trouvé huit canots dans un lit de marne qui fut mis à découvert. Sous le rapport des dimensions et de la forme, ils ne différaient point de ceux dont se servent aujourd'hui les Amé-

(1) Von Hoff, vol. I, p. 368.
(2) Lieut. Carless, *Geograph. Journ.*, vol. VIII, p. 338.
(3) Silliman's *Geol. Lectures*, p. 78, où se trouve cité Penn.

ricains. Dans un marais situé à 15 kilomètres environ de ce lac, on découvrit une pierre à aiguiser et une hache en métal (1). On trouva aussi, au commencement du siècle actuel, dans le lac Doon (Ayrshire), trois canots ; puis en 1831, quatre autres qui avaient été taillés dans des chênes. Ils avaient 7 mètres de longueur, 0m75 de profondeur et près de 1m20 de largeur à la poupe. Le limon dont un de ces canots était rempli contenait une massue en chêne et une hache d'armes en pierre. Enfin, en 1820, on déterra un canot en chêne, de la tourbe qui recouvre la marne coquillière du lac de Kinnordy, dans le Forfarshire (2).

De la manière dont se conservent les vaisseaux dans une mer profonde. — Il est très-possible que la carcasse des vaisseaux qui ont sombré dans les endroits où la mer a de 3,000 à 5,000 mètres de profondeur ait, dans un espace de temps égal, subi de plus grands changements chimiques que ceux dont il a été fait mention dans les exemples précédents. Les expériences de Scoresby ont démontré qu'à de certaines profondeurs, le bois est susceptible de s'imbiber, dans le court espace d'une heure, d'une quantité d'eau salée suffisante pour qu'il change complétement de pesanteur spécifique. (Voir ci-dessus, p. 673.) Il se peut que souvent des sources chargées de carbonate de chaux, de silice ou d'autres substances minérales, sourdent à de grandes profondeurs, et qu'alors tous les pores du tissu végétal soient imprégnés du liquide lapidifiant calcaire, ou siliceux, avant que la moindre décomposition ne commence à se manifester. Il est à croire aussi que la conversion du bois en lignite s'opère avec d'autant plus de rapidité que la pression est plus considérable ; toutefois, la transformation du bois de charpente en lignite, ou en charbon, n'empêcherait pas de distinguer la forme originaire d'un

(1) Leigh' Lancashire, p. 17, A. D., 1700.
(2) *Geol. Trans.*, 2e série, vol. II, p. 87. Pour les canots enfouis près de Glascow, voir *Antiquité de l'homme*, p. 48.

vaisseau ; car, en songeant aux strates de l'époque carbonifère, à l'écorce d'arbres à tiges creuses, comme les roseaux, transformées en charbon, et à l'intérieur de ces cavités centrales rempli de grès, on peut se figurer ce que serait un vaisseau amené à l'état de charbon ; dans le limon durci, le grès ou le calcaire qui rempliraient l'intérieur, on découvrirait peut-être des ouvrages dus à l'industrie de l'homme, du lest consistant en roches étrangères au reste de la couche, et divers autres objets provenant de la cargaison du vaisseau.

Substances métalliques submergées. — Plusieurs des substances métalliques qui tombent dans l'eau perdent probablement, dans la suite des siècles, les formes artificielles qui leur avaient été données ; mais, sous certaines circonstances, elles peuvent se conserver pendant des temps indéfinis. Il est à croire que le canon qu'on a trouvé encastré dans une roche calcaire extraite du delta du Rhône, et qui est aujourd'hui au Muséum de Montpellier, aurait pu durer aussi longtemps que la gangue calcaire ; toutefois, lors même que la matière métallique eût disparu pour former quelque combinaison nouvelle, toujours est-il qu'elle aurait laissé un moule de sa forme originaire, analogue aux empreintes de coquilles que l'on observe dans des roches, dont tout le carbonate de chaux a disparu. Vers l'année 1776, dit M. King, quelques pêcheurs, en draguant pour retrouver des ancres dans le *Gulf-Stream* (nom sous lequel on désigne une certaine portion de la mer qui avoisine les Dunes), amenèrent un ancien pierrier, d'une construction fort curieuse, et de 2^{m}40 de long à peu près. Le canon proprement dit, dont la longueur pouvait être de 1^{m}50, était en cuivre ; mais l'anse qui servait à le pointer avait environ 0^{m}90 de longueur, et le chandelier ainsi que le point sur lequel il tournait étaient en fer. Autour de ces dernières parties il s'était formé des incrustations de sable converti en une sorte de pierre, excessivement compacte et dure. Le canon était exempt de ces incrustations, excepté toutefois aux en-

droits les plus rapprochés des pièces de fer. La plus grande partie en était aussi nette et en aussi bon état que s'il n'eût jamais cessé de servir. La matière incrustante qui le recouvrait extérieurement renfermait des coquilles et des corallines exactement semblables « à celles que l'on trouve souvent à l'état fossile ; » mais elles adhéraient toutes si fortement à la gangue, qu'il fallait autant de force pour les en détacher « que pour briser un fragment de roche très-dure (1). »

En 1745, continue le même auteur, le vaisseau de guerre, le *Fox*, échoua sur la côte de l'East Lothian et fut mis en pièces. Environ trente-cinq ans après, un violent orage mit à découvert une partie des débris provenant de ce naufrage, et ramena, près de la place où le sinistre avait eu lieu, plusieurs masses « consistant en fer, en cordages et en boulets de canon, » qui étaient couverts d'un sable ocreux, agglutiné et durci au point de former une sorte de pierre. La matière dont était composée la corde n'avait subi qu'une très-faible altération, et, sur le sable solidifié, on observait des empreintes parfaites de portions d'un anneau de fer « tout à fait semblables aux empreintes des corps fossiles étrangers que l'on rencontre dans diverses espèces de couches (2). »

Après un orage qui eut lieu en 1824, et qui occasionna un déplacement considérable dans les sables voisins de Saint-Andrew's, en Écosse, on trouva un canon de fusil de construction ancienne, que l'on suppose avoir appartenu à un des vaisseaux naufragés de l'Armada Espagnole. Il fait partie aujourd'hui du muséum de la Société des antiquaires d'Écosse, et est enchâssé dans une mince couche de sable, dont les grains sont cimentés par une substance ferrugineuse brunâtre. A cette enveloppe adhèrent des fragments de diverses coquilles, telles que la bucarde commune, la mye, etc.

On rapporte plusieurs autres exemples d'instruments de fer

(1) *Phil. Trans.* 1779.
(2) *Phil. Trans.*, vol. LXIX, 1779.

ramenés du fond de la mer près des côtes Britanniques, et couverts d'une croûte épaisse de conglomérat, consistant en cailloux et en sable cimentés par de l'oxyde de fer.

Le Dr Davy décrit un casque de bronze, d'une forme grecque antique, retrouvé en 1825, dans une partie basse de la mer, entre la citadelle de Corfou et le village de Castrades. L'intérieur et l'extérieur de ce casque étaient partiellement incrustés de coquilles et d'un dépôt de carbonate de chaux. La surface offrait, en général, tant en dessous de l'incrustation que dans les parties restées à nu, une couleur bigarrée, résultant d'un mélange de mouchetures vertes, rouges et blanchâtres. En l'examinant attentivement à la loupe, on reconnaissait que les taches vertes et rouges consistaient en cristaux de carbonate et d'oxyde rouge de cuivre, et que les points blanchâtres étaient pour la plupart de l'oxyde d'étain.

L'action minéralisante qui a donné lieu à ces nouvelles combinaisons, a, en général, dit le Dr Davy, très-peu pénétré dans le bronze dont le casque est formé ; car, dès qu'on enlève l'incrustation et la rouille qui le couvrent, on aperçoit le brillant du métal. En quelques points, il est excessivement corrodé ; en d'autres, il l'est fort peu. D'après l'analyse qui en a été faite, sa composition serait un mélange de cuivre avec 18.5 pour cent d'étain. Sa couleur ressemble à celle de notre cuivre ordinaire, et il jouit d'une très-grande malléabilité.

« Il est curieux, » ajoute le même auteur, « d'examiner de quelle manière les cristaux se sont formés dans le casque, et sur le dépôt calcaire qui y adhère. Comme il n'y a aucune raison de croire que le dépôt s'est produit par voie de solution, ne doit-on pas admettre que l'action minéralisante dépend d'un petit mouvement et d'une séparation qui se sont opérés dans les particules du composé primitif ? Ce mouvement, à son tour, ne pourrait-il pas résulter de l'action de forces électro-chi-

miques capables d'avoir séparé les différents métaux de l'alliage (1)? »

Des millions de dollars en argent et diverses autres monnaies ont été quelquefois submergés dans un seul vaisseau. Or, quand ces monnaies viennent à être enveloppées dans une gangue capable de les garantir de toute altération chimique, elles conservent ainsi des indications historiques du plus haut intérêt, qui dureront pendant des périodes aussi longues que les empreintes de zoophytes ou de plantes fossiles que l'on observe dans quelques-unes des roches secondaires anciennes. Il se trouve, en outre, dans presque tous les grands vaisseaux, des pierres précieuses taillées en cachets, et d'autres objets de luxe et d'utilité, formés des substances les plus dures, et sur lesquels sont gravées des lettres et diverses images, objets qui, une fois renfermés dans des couches sous-aqueuses, peuvent s'y maintenir aussi longtemps qu'un cristal conserve sa forme naturelle.

C'est donc par suite d'une exagération toute poétique que la chronique d'Henri, en parlant des exploits de la chevalerie anglaise à Azincourt, la représente

> ——— as rich with praise
> As is the ooze and bottom of the deep
> With sunken wreck and sumless treasuries (2);

car il est très-probable que, dans le cours des siècles, le lit de l'Océan recèlera un plus grand nombre de monuments des arts et des travaux humains qu'il n'en existera, à quelque époque que ce soit, à la surface des continents.

EFFETS DE L'AFFAISSEMENT DU SOL DANS LE PHÉNOMÈNE DE L'ENSEVELISSEMENT DE VILLES ET DE FORÊTS DANS DES STRATES SOUS-AQUEUSES.

Nous avons, jusqu'ici, considéré le transport des plantes et

(1) *Phil. Trans.*, 1826, part. II, p. 55.

(2) Comme étant aussi riche de gloire que la vase et le fond de l'Océan sont riches de débris naufragés et d'innombrables trésors.

des animaux terrestres opéré par des causes aqueuses, et leur ensevelissement dans des dépôts lacustres ou sous-marins : maintenant il nous reste à examiner si l'affaissement de certaines parties du sol peut produire des effets analogues. Nous avons cité, dans le chapitre XXIV du premier volume, plusieurs exemples de l'affaissement de bâtiments et de portions de villes situées près du rivage, à diverses profondeurs au-dessous du niveau de la mer, pendant des mouvements souterrains; mais, quoique ces exemples ne se rapportent qu'à des événements limités à une période très-courte des temps historiques, — aux cent cinquante dernières années qui viennent de s'écouler, — et à un nombre fort restreint des régions de volcans en activité, ils n'en attestent pas moins, d'une manière authentique, des changements considérables dans la géographie physique du globe ; car on ne doit pas supposer que ces régions soient les seules, parmi les mers et les continents environnants, qui aient éprouvé de semblables dépressions.

Si nous avions la preuve que, pendant le court espace de temps qui s'est écoulé depuis que les Européens ont fondé des colonies dans l'Amérique du Sud, des changements de niveau ont eu lieu dans les trois ports principaux des côtes occidentales de ce continent, à Callao, à Valparaiso et à la Conception (1), nous ne pourrions admettre que ces villes, si éloignées les unes des autres, aient été choisies précisément comme les points de cette partie du globe où la force destructive des tremblements de terre a le plus exercé sa fureur. En considérant le peu d'étendue de l'espace occupé par les ports de mer qui, dans cette région bouleversée, sont les seuls points où les moindres changements du niveau relatif de la terre ferme et de la mer puissent être appréciés, et en réfléchissant aux preuves que la science possède touchant les révolutions locales que chacun de ces ports a subies, depuis un siècle et demi, l'esprit reste

(1) Voir ci-dessus, pp. 117, 123, 130, 198, 201.

frappé de la grandeur des changements que la région située entre les Andes et la mer peut avoir éprouvés, même dans le cours des six mille dernières années.

Tremblement de terre du Kotch. — La manière dont une étendue considérable de terrain doit avoir été submergée, pour que des animaux et des plantes terrestres soient ensevelis dans des strates sous-aqueuses, ne peut être mieux illustrée que par le tremblement de terre qui eut lieu au Kotch, en 1819, et dont nous avons parlé déjà à la page 131. Il a été constaté que, pendant plusieurs années après ce tremblement de terre, les tamarisques et divers autres arbustes laissèrent voir le sommet flétri de leur tige au-dessus des vagues, en différents points de la lagune formée par voie d'affaissement, sur l'emplacement du village de Sindrée et de ses environs; mais qu'après l'inondation de 1826, ils cessèrent d'être visibles. Tout géologue reconnaitra, sans hésiter, que des forêts enfoncées par de tels mouvements souterrains peuvent être ensevelies dans des dépôts sous-aqueux, soit fluviatiles, soit marins, et qu'il est fort possible que les arbres s'y trouvent encore debout, ou que les racines et une partie des troncs conservent leur position première, quoique le courant ait peut-être brisé, ou rasé leur tige et leurs branches supérieures.

Mode de conservation des édifices submergés. — Quelques-unes des constructions qui, à différentes époques, se sont affaissées au-dessous du niveau de la mer ont été immédiatement recouvertes, dans certaines limites, de couches de matière volcanique qui se sont répandues sur elles. C'est ce qui est arrivé, dans le courant de ce siècle, à Tomboro dans l'île de Sumbawa, et, probablement, vers le XII[e] siècle, sur l'emplacement du temple de Sérapis, aux environs de Pouzzole. Le débordement d'une rivière du voisinage, chargée de sédiment, peut encore plus souvent occasionner l'enfouissement rapide de bâtiments dans des formations régulièrement stratifiées. Mais si aucune matière étrangère ne se trouve introduite,

les bâtiments, quand une fois ils ont atteint une profondeur où l'action des vagues est insensible, et où il n'y a aucun courant considérable, peuvent se conserver pendant des temps indéfinis, et être aussi durables que le fond de l'Océan lui-même, qui souvent se compose de matériaux tout à fait semblables. On ne peut révoquer en doute l'exactitude de la tradition que mentionnent les auteurs classiques, savoir, que les villes Grecques de Bura et d'Hélice ont été vues sous les eaux; et le capitaine Spratt rapporte que des ruines d'anciennes villes submergées sont parfaitement visibles dans la mer à la hauteur de l'extrémité orientale de l'île de Crète ou de Candie. Divers témoins oculaires assurent aussi avoir observé les maisons de Port-Royal, au fond de la mer, 88, 101 et 143 ans après la secousse souterraine qui eut lieu en 1692 (p. 207).

Temples ensevelis de Cachemire. — La vallée célèbre de Cachemire (ou Kashmire), dans l'Inde, est située à la base méridionale de la chaine de l'Himalaya; elle a environ 96 kilomètres de longueur, sur 32 kilomètres de large, et est entourée de montagnes qui surgissent brusquement de la plaine jusqu'à la hauteur de près de 1,500 mètres. Dans les falaises de la rivière Jelam et de ses tributaires, qui traversent cette magnifique vallée, se montrent à découvert des strates consistant en argile fine, en sable, en grès tendre, en galets et en conglomérats. Ces dépôts contiennent des coquilles d'eau douce des genres Lymneus, Paludina et Cyrena, ainsi que des coquilles terrestres qui appartiennent toutes à des espèces récentes; ils sont tout à fait identiques à ceux qui se formeraient si, toute la vallée se trouvant aujourd'hui convertie en un grand lac, il était accordé aux rivières et aux torrents qui descendent des montagnes environnantes un temps suffisant pour remplir ce bassin lacustre de sédiment fin et de gravier. Des fragments de poterie qui ont été trouvés, à la profondeur de 12 à 15 mètres, dans cette formation lacustre, démontrent que sa partie supérieure, au moins, s'est accumulée

depuis le commencement de la période de l'homme.

Le Dr Thomas Thomson, qui a visité Cachemire en 1848, observe que, parmi les lacs encore existants dans la grande vallée, quelques-uns, dont celui de 8,046m 58 de diamètre qui se trouve près de la ville de Cachemire, sont plus profonds que les canaux de rivières adjacents, et peuvent avoir été formés par voie d'affaissement pendant les nombreux tremblements de terre qui ont, dans le cours des 2,000 dernières années, bouleversé cette région. Il est également probable que les couches d'eau douce que l'on voit s'étendre dans tous les sens sur toute la vallée de Cachemire ne se sont pas accumulées dans une seule nappe d'eau occupant sans discontinuité la vallée entière, mais dans plusieurs lacs d'étendue limitée, dont la formation et le comblement auraient eu lieu successivement. Entre autres preuves à l'appui de l'ancienne existence de pareils bassins de lacs aux dimensions moyennes, qui auraient été convertis en terre ferme à différentes époques, le Dr Thomson signale les ruines d'Avantipura, situées non loin du village moderne du même nom, qui reposent sur un dépôt d'eau douce plus ancien à la base de la montagne, et dont la terminaison brusque et en ligne droite, du côté de la plaine, ne peut s'expliquer qu'en supposant que l'extension de la ville dans cette direction a été arrêtée par un lac, aujourd'hui desséché, ou seulement représenté par un terrain marécageux. Dans ces environs, comme dans toute la vallée de Cachemire, en général, les rivières coulent dans des canaux ou dans des plaines d'alluvion, bordées par des falaises composées de couches lacustres, à stratification horizontale, et qui forment, entre les divers cours d'eau, des plateaux peu élevés de 6 à 15 mètres de hauteur. Sur un plateau de ce genre, situé près d'Avantipura, on voit des portions de deux temples enfouis que le major Cunningham a partiellement explorés, en 1847, et dans l'un desquels il a découvert une magnifique colonnade de 74 piliers parfaitement conservés dans le sol.

Il mit à jour trois des piliers dans une cavité encore ouverte, et remarqua que toutes les décorations architecturales se trouvaient, au-dessous du niveau du terrain, aussi intactes et aussi fraîches que si on venait de les exécuter. L'envasement de cet espace quadrangulaire a dû s'opérer d'abord d'une manière graduelle, car on a trouvé dans ce monument quelques parties disgracieuses nullement en harmonie avec le plan et le style général de son architecture, et qui ont été évidemment altérées à une date postérieure à sa construction. Ces changements offrent tout le caractère de réparations nécessitées par les dégâts que durent occasionner l'eau et le sédiment, lorsqu'ils eurent atteint une certaine hauteur dans l'intérieur du temple.

On suppose que cet édifice fut bâti vers l'an 850 de notre ère ; sa submersion est certainement antérieure à 1416, époque à laquelle le roi Mahométan Sikandar, appelé Butshikan ou briseur d'idoles, détruisit toutes les images renfermées dans les temples Hindous du pays de Cachemire. L'historien Ferishta cite particulièrement Sikandar comme ayant démoli tous les temples de Cachemire, à l'exception d'un seul, dédié à Mahadèva, et qui échappa à la destruction, « parce que ses fondements se trouvaient au-dessous du niveau des eaux voisines. » L'état de conservation des oiseaux à tête humaine, et de plusieurs autres images que l'on observe dans l'édifice enseveli près d'Avantipura, démontre évidemment que ces monuments n'ont été soustraits à la fureur de l'iconoclaste que parce qu'ils étaient sous l'eau, et que, peut-être, ils se trouvaient déjà ensevelis sous la vase avant l'invasion de ce conquérant (1).

(1) *Thomson's Western Himalaya and Thibet*, p. 292. London, 1852, Cuningham, vol. XVII. *Journ. Asiat. Soc. Bengal*, p. 241-277.

ORIGINE MODERNE DE L'HOMME DÉDUITE DE PREUVES GÉOLOGIQUES.

Arguments de Berkeley en faveur de la date récente de la création de l'homme. — L'évêque Berkeley, dans un passage remarquable, écrit, il y a plus d'un siècle, déduit la date récente de la création de l'homme d'arguments qui ressortent complétement du domaine de la géologie. « Celui », dit-il, « qui reconnait qu'en creusant dans la terre, on trouve d'immenses quantités de coquilles, et même quelquefois des cornes et des ossements intacts et entiers d'animaux, quoique ayant probablement séjourné plusieurs milliers d'années dans des couches terrestres, celui-là admettra sans peine que des canons, des médailles et différents objets en métal ou en pierre enfouis dans le sein de la terre, auraient pu s'y conserver entiers, pendant quarante ou cinquante mille ans, si le monde avait été assez ancien pour cela. Comment se fait-il donc qu'on ne trouve aucun objet d'antiquité appartenant aux siècles nombreux qui auraient précédé les temps dont parle l'Écriture ; que l'on ne découvre jamais, ni fragments de bâtiments, ni monuments publics, ni pierres gravées, camées, statues, bas-reliefs, médailles, inscriptions, ustensiles, ou ouvrages d'art d'aucune sorte, qui puissent témoigner de l'existence de ces puissants empires, de ces monarques, de ces héros et de ces demi-dieux qui se sont succédé pendant tant de milliers d'années ? Jetons un coup d'œil en avant, et supposons une période à venir de dix ou vingt mille ans, pendant laquelle des pestes, des guerres, des famines et des *tremblements de terre* exerceront leurs ravages sur le globe. N'est-il pas extrêmement probable qu'à la fin de cette période, des colonnes, des vases et des statues de granit, de porphyre ou de jaspe, qui, à notre connaissance, ont déjà duré pendant plus de deux mille ans, à la surface du sol, sans éprouver aucune altération notable, rendraient témoignage de cette époque et des siècles

passés? N'arriverait-il pas alors que quelques-unes de nos monnaies courantes, ainsi que de vieux murs et les fondations de quelques bâtiments seraient mis au jour, comme les coquilles et les roches du *monde primitif* qui se sont conservées jusqu'à l'époque actuelle (1)? »

De même que Berkeley, nous devons être bien convaincus que, si la durée de notre planète est indéfiniment prolongée, des édifices, ainsi que des objets dus à l'industrie humaine et des squelettes d'hommes, seront enfouis dans des couches d'eau douce, marines et volcaniques, et continueront d'exister encore après qu'une grande partie des montagnes, des mers et des continents actuels auront disparu. L'écorce entière du globe doit être remodelée plusieurs fois avant que s'accomplisse la destruction de tous les monuments humains qui ne cessent d'être ensevelis dans les roches actuellement en voie de formation. *Une seule* révolution complète serait insuffisante pour effacer toute trace de notre existence, car un grand nombre d'ouvrages d'art pourraient être successivement ensevelis dans les formations de diverses périodes, et échapper à la destruction, lors même que les roches dans lesquelles ils seraient restés enfouis pendant des siècles viendraient à être détruites: — circonstance que l'on peut comparer à ce qui a lieu lorsque des cailloux enfermés dans des conglomérats d'une certaine époque contiennent souvent les débris organiques d'êtres qui vécurent à une époque antérieure.

Toutefois, il n'est pas moins vrai, ainsi que l'a dit un philosophe moderne, « qu'aucun des ouvrages d'un être mortel ne peut être éternel. » Ils sont d'abord arrachés des mains de l'homme, et perdus, quant à leur utilité pour lui, par le fait même des causes qui les placent dans des situations où ils peuvent durer pendant des périodes indéfinies. Et même, quand ils seraient enfermés dans des strates rocheuses, ou

(1) Alciphoron, *Or the Minute Philosopher*, vol. II, p. 84-85. 1732.

dans la charpente solide du globe lui-même, ils n'en finiraient pas moins par être détruits accidentellement ; car, chaque année, quelque portion de l'écorce terrestre est brisée par des secousses souterraines, ou fondue par les feux volcaniques, ou réduite en poussière par les eaux qui circulent à la surface. « Le fleuve Lethé », ainsi que Bacon le remarque si éloquemment, « coule aussi bien au-dessus de la terre qu'au-dessous (1). »

Monuments de l'homme pré-historique en Europe. — Quoique, d'après ce que nous avons dit dans le chapitre XXXXIII, on dût s'attendre à ce que l'homme devînt cosmopolite dès qu'il aurait atteint un degré d'intelligence seulement égal à celui dont jouit la plus inférieure des races humaines qui habitent actuellement le globe, il se peut néanmoins que, tandis qu'il était encore un peu moins avancé que ces races, il ait continué de vivre, pendant un temps quelconque, dans un espace unique et limité, comme le font aujourd'hui les espèces de mammifères anthropomorphes. En admettant même qu'un être doué de raison ait existé avant la fin de la période Pliocène, rien ne nous permet de supposer, dans l'état actuel de la science, qu'on puisse obtenir des preuves géologiques de son existence. Lorsque, dans le premier volume, je me suis occupé des changements de climat, j'ai donné une idée des résultats obtenus par les investigations réunies du géologue et de l'archéologue, relativement aux débris de l'homme pré-historique. En se reportant à ce passage, on verra que tous ces débris appartiennent à la dernière partie de cette période géologique moderne que j'ai appelée Post-Tertiaire, et pendant laquelle toutes les coquilles marines et d'eau douce étaient déjà spécifiquement identiques avec celles de nos jours.

En Europe, l'âge du Fer a été précédé de l'âge du Bronze, pendant lequel des instruments de cet alliage métallique furent en usage, et prédominèrent en Suisse et dans la Gaule,

(1) *Essay on the Vicissitude of Things.*

longtemps avant que ces contrées fussent envahies par les armées Romaines. On rencontre des objets formés de ce même alliage de cuivre et d'étain, dans un grand nombre de villages lacustres de la Suisse et dans les tourbières de la Grande-Bretagne, de l'Irlande et de la Scandinavie ; mais on n'y a découvert aucune espèce de monnaie, ni aucune preuve que l'art d'écrire ou de former des lettres eût encore été inventé. Quelques poteries de l'âge du Bronze sembleraient indiquer qu'elles ont été faites à l'aide de la roue du potier, mais la plus grande partie en a été fabriquée à la main. Le professeur Nilsson a fait observer depuis longtemps que les poignées de glaives et les bracelets de l'âge du Bronze prouvent que la race qui faisait usage de ces objets avait une taille inférieure à celle des habitants actuels de l'Europe septentrionale. L'homme de cette période avait déjà domestiqué plusieurs animaux, ainsi que le démontrent les ossements conservés dans les habitations lacustres de la Suisse ; il cultivait aussi plusieurs sortes de céréales et plusieurs fruits. Il employait pour ornements l'or, l'ambre et le verre, mais il n'y a pas de preuve qu'il connût l'argent, le zinc et le plomb. Dans les villages lacustres de la Suisse qui remontent à la période antérieure de la Pierre, et que l'on appelle Néolithique, parce qu'elle a été précédée d'un âge de la Pierre encore plus ancien, les hommes ignoraient évidemment l'art de la métallurgie. Des haches polies, généralement connues sous le nom de Celts, des ciseaux et autres outils, étaient si abondants dans l'Europe septentrionale et occidentale, que le Muséum de Dublin en contient aujourd'hui 2,000, celui de Copenhague plus de 10,000, et celui de Stockholm non moins de 15,000 (1).

Les débris de cuisine ou kitchen-middens du Danemark, ainsi que la plupart des habitations lacustres de la Suisse, et une grande partie de la tourbe d'Europe, appartiennent à

(1) Sir J. Lubbock, *Introduction to Translation of Nilsson's, Primitive inhabitants of Scandinavia*, p. XXIV.

cette période Néolithique, mais on ne rencontre aucun instrument en pierre polie de cet âge, ni dans les graviers de transport des lits de rivière, ni dans les dépôts d'ossements de mammifères éteints. La poterie faite à la main était alors en usage ; le bœuf, le mouton, la chèvre, le porc et le chien, étaient déjà domestiqués, l'agriculture avait commencé d'être mise en pratique, et le lin cultivé était filé et converti en tissus.

Nous voici amenés, dans notre revue rétrospective, à considérer les monuments de cet âge que M. Lartet a appelé période du Renne, du nom de cet animal qui abondait alors dans le midi de la France.

C'est à cette époque qu'appartiennent les cavernes de la Dordogne, situées au centre de la France, et dans lesquelles MM. Lartet, Christy et plusieurs autres explorateurs, ont recueilli des milliers d'objets faits de pierre, d'os et de corne, sans pouvoir y découvrir aucune trace de poterie, d'outils en métal, ou d'armes en pierre polie. Dans une grotte de cette période, à la Madeleine, M. Lartet a trouvé un fragment de dent de mammouth, sur lequel était grossièrement gravée la représentation de l'animal lui-même ; ce qui semble prouver que cette espèce coexistait avec l'homme des cavernes. On y a aussi découvert des traces du bœuf musqué et du lion des cavernes, mais on conserve encore quelques doutes relativement à la contemporanéité de ces quadrupèdes avec les hommes de la période du Renne. On peut considérer cette époque comme étant intermédiaire entre les âges Néolithique et Paléolithique, quoique sir J. Lubbock l'ait provisoirement rangée comme étant de date Paléolithique. Le climat qui prédominait alors dans le midi de l'Europe était évidemment plus froid qu'il ne l'est aujourd'hui ; mais l'état de la géographie physique n'a subi depuis cette époque aucune altération sensible.

Nous arrivons enfin aux monuments encore plus reculés de la Période Paléolithique, proprement dite, qui consistent principalement en objets de pierre non polie que renferment les

anciens graviers de rivière, ainsi que le limon et les stalagmites des cavernes. Ces graviers et ces cavernes sont aujourd'hui situés, par rapport à la distribution des eaux et à la géographie actuelle des contrées où on les rencontre, d'une telle manière, qu'on en conclut nécessairement qu'il a dû s'écouler depuis cette époque un laps considérable de temps pour permettre au pouvoir érosif des rivières de creuser de profondes vallées. Les objets appartenant à cet âge et que l'on trouve dans l'Europe occidentale se composent surtout de silex de la craie, et plus rarement de *chert* ou silex laiteux du grès vert ; ce n'est pas seulement par leur manque de polissage, mais aussi par leur forme, que ces objets diffèrent de ceux de l'âge Néolithique (1). On les trouve associés avec des débris de mammouth, de rhinocéros lanigère, d'hippopotame, de bœuf musqué et de plusieurs autres quadrupèdes qui appartiennent à des espèces éteintes ou vivantes. On n'a découvert dans ces dépôts aucun fragment de poterie qui se rapporte positivement à cette époque, et les armes en métal y font complétement défaut.

On peut dire que les lits de gravier, souvent appelés lits de transport (*drift*), qui contiennent des antiquités de cet âge, ont été déposés par les rivières de nos jours, à une époque où, coulant dans la même direction qu'aujourd'hui, elles arrosaient les mêmes espaces, mais avant que les vallées eussent été creusées jusqu'à leur profondeur actuelle. La hauteur à laquelle se trouve l'ancien transport au-dessus du niveau de nos plaines alluviales, ne dépasse pas souvent 6 ou 9 mètres, mais elle atteint quelquefois 30 ou même 60 mètres. Les éclats de silex à bords très-tranchants, et qui ont été évidemment taillés par la main de l'homme, ne se rencontrent pas seulement dans l'ancien transport, mais aussi dans les formations propres à l'âge Néolithique et à celui du Bronze, car ils

(1) Voir Lyell, *Antiquity of man*, p. 114 et 118. Voir aussi Lubbok's, *Pre-historic Times*.

offrent le fil le plus parfait qu'il fût possible d'obtenir avant l'invention de l'acier. On a découvert, dans ces cavernes du premier âge de la Pierre, des objets du même type ancien associés à des squelettes d'homme fossiles qui, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer (p. 624), concordent, sous le rapport ostéologique, avec ceux des races humaines de nos jours. On évalue à 3,000 le nombre des objets en silex, de type Paléolithique, non compris les éclats de la même roche, que l'on a déjà recueillis dans le nord de la France et dans la partie méridionale de l'Angleterre (1). On n'a découvert aucun de ces objets dans le Danemarck, dans la Suède et dans la Norwége, — pays dans lesquels Nilsson, Thomson et plusieurs autres antiquaires ont collectionné avec tant de soin les reliques de l'âge de la Pierre. Cette circonstance a fait supposer que l'homme Paléolithique n'avait jamais pénétré dans la Scandinavie, qui, à cette époque, était peut-être aussi couverte de neige et de glace que l'est aujourd'hui la plus grande partie du Groënland.

Objets de l'âge Paléolithique trouvés dans le drift de la partie méridionale du Hampshire. — On a récemment découvert, dans la partie méridionale du Hampshire, des silex offrant le type normal de ceux de la période Paléolithique; ils ne se trouvaient ni dans des cavernes, ni dans d'anciens graviers fluviatiles situés dans les limites des vallées actuelles, mais dans une masse tabulaire de drift qui recouvre les couches tertiaires, et qui est intersecté à la fois par la Solent et par les vallées de tous les cours d'eau qui se déversent dans cette partie de la Manche. La position de ces objets, sur lesquels les archéologues de Salisbury ont appelé notre attention, depuis quatre ans, atteste peut-être l'antiquité de l'homme préhistorique, en Europe, d'une manière plus frappante que tous les monuments du premier âge de la Pierre qu'on ait encore

(1) Sir Lubbock, *Introduction to Nilsson's Primitive inhabitants of Scandinavia*, p. xx.

découverts. Le vaste lit de gravier, dans lequel on a fait cette découverte, repose sur des couches Tertiaires Éocènes; il consiste, sur plusieurs points, en silex de la craie à demi roulés ou semi-anguleux, auxquels sont associés des galets arrondis que les eaux ont entraînés des strates Tertiaires. Mais ce drift, quoique souvent continu sur des espaces étendus, manque en certains endroits, et ne présente pas toujours les mêmes caractères. Les premiers silex y ont été découverts, en mai 1864, par M. James Brown de Salisbury, à moitié chemin entre Gosport et Southampton ; ils étaient renfermés dans un gravier de 2m40 à 3m60 de puissance, qui couronne une falaise dont la plus grande hauteur est de 10m50 au-dessus de la marque des hautes eaux. J'ai visité cette localité, après MM. Prestwich et Evans : les outils de silex m'y ont paru ressembler à ceux que l'on a découverts à Abbeville et à Amiens, quelques-uns présentant une forme ovale, et d'autres une forme lancéolée. La plupart d'entre eux montrent les mêmes couleurs et les mêmes taches ocreuses que les silex du gravier dans lequel ils se trouvent. Ces divers objets, recueillis dans les falaises du Hampshire, forment aujourd'hui une très-belle collection que l'on peut voir dans le musée Blackmore, à Salisbury.

On trouve, dans le gravier surmontant les falaises en question, des blocs de grès de diverses grosseurs, dont quelques-uns, aux énormes dimensions, mesurent plus de 6 mètres de circonférence sur 0m30 à 0m75 d'épaisseur. Ils ne paraissent pas venir de points bien éloignés, car ils consistent en fragments échoués de couches Éocènes, qui ont été fortement éprouvées par la dénudation. Toutefois, pour expliquer comment ces blocs et ces objets de pierre ont pu se trouver au milieu de débris siliceux, il faut recourir à l'intervention de la glace qui, se formant, en hiver, à leur surface, leur a donné la propriété de flotter et de pouvoir ainsi être transportés par les rivières ou par la mer à de faibles distances de leur lieu d'origine. Cependant, un climat excessif, occasionnant une vaste accu-

mulation de neige pendant un hiver rigoureux, et de fortes inondations annuelles causées par la fonte subite de cette neige, au commencement de la saison chaude, pourraient bien expliquer, d'une manière plus convenable, la destruction de grandes masses de craie dans la région des hautes terres, et la dispersion sur l'ancienne surface des matériaux siliceux qui se trouvaient, à l'origine, disséminés par couches dans la masse crayeuse tendre. La présence, dans le gravier, de silex de la craie non roulés que l'on observe parfois, sur des points que ces roches n'ont pu atteindre qu'en parcourant la distance de 20 kilomètres qui les sépare du lieu de leur origine le plus rapproché, implique aussi l'intervention de l'action glaciaire. D'un autre côté, les vallées transversales qui intersectent aujourd'hui la région voisine de la côte, où l'on a découvert, près de Gosport, les outils en silex, doivent avoir été creusées dans les couches Tertiaires, après la superposition du lit supérieur de gravier, car celui-ci forme, entre les vallées, un plateau à surface unie.

En résumé, on peut conclure que non-seulement les vallées où coulent de petits ruisseaux, près de Gosport, mais encore celles de la Test (ou rivière Southampton) et du cours d'eau qui entre dans le comté de Lymington, ainsi que celles de Bournemouth et des rivières Avon et Stour, qui rejoignent la Solent à Christchurch, ont toutes été creusées depuis que l'homme Paléolithique a habité cette région; car on a découvert, sur divers points, non-seulement à l'est mais aussi à l'ouest de l'estuaire de Southampton, et sur les deux côtes de l'ouverture de Bournemouth, des outils en silex renfermés dans le gravier qui couronne les falaises. Ce dépôt graveleux d'où une arme en silex a été retirée, à Bournemouth, se trouve à 30 mètres environ au-dessus du niveau de la mer, ainsi que je l'ai constaté, après un examen des lieux que je fis moi-même en 1867 (1).

(1) M. Alfred Stevens est le premier qui ait recueilli une petite hache (avril 1866)

Le gravier consiste, pour la plus grande partie, en galets provenant des couches Tertiaires ; et s'il est vrai qu'il ait été répandu, à l'origine, par l'action des rivières, il faut que la distribution de celles-ci ait été considérablement changée depuis lors, car il est assez difficile de retrouver quelque relation entre les anciens cours d'eau et ceux qui coulent dans les vallées actuelles.

Enfin, j'apprends de M. Evans que M. Thomas Codrington vient de découvrir (8 février 1868) un silex de forme ovale, dans le gravier qui recouvre le sommet de la falaise du Foreland, située à la pointe la plus orientale de l'ile de Wight, et à 8 kilomètres au sud-est de Ryde. Ce silex est du vrai type Paléolithique, et, d'après M. Evans, le gravier dans lequel il était enfoui, à la hauteur de 24 mètres au-dessus du niveau de la mer, a bien pu s'étendre jadis jusqu'aux falaises voisines de Gosport ; auquel cas il faudrait conclure que le canal appelé la Solent n'était pas encore creusé à l'époque où l'homme Paléolithique habitait cette région. Le gravier trouvé à Freshwater, à l'extrémité occidentale de l'ile de Wight, et dans lequel on a découvert des débris de mammouth, est probablement de la même date.

Si l'on remonte l'Avon, en allant de Chritschurch à Salisbury, sur une distance de 48 kilomètres vers le nord, on rencontre, dans des graviers situés à différentes hauteurs, au-dessus de la rivière, ainsi que dans l'ancienne alluvion fluviatile, des outils en silex qui appartiennent au même type Paléolithique, et dont l'un d'eux a été retiré par le D[r] Blackmore, de dessous les débris d'un mammouth, à Fisherton, près de Salisbury. On a découvert aussi, sur le même point, les débris de 21 espèces de mammifères, ce qu'on n'avait jamais obtenu, peut-être, dans aucune des fouilles pratiquées dans toute

dans ce gravier du sommet de la falaise marine, situé à l'est de l'entrée de Bournemouth. Bientôt après le docteur Blackmore découvrit deux nouveaux objets semblables dans le gravier qui se trouve à l'ouest de cette même vallée.

autre partie de la Grande-Bretagne. Les coquilles d'eau douce et terrestres, associées à ces ossements, appartiennent à 31 espèces, qui toutes vivent encore en Angleterre, bien que les quadrupèdes impliquent un climat plus froid. Parmi ces derniers, on remarque le mammouth et le rhinocéros velu, le renne, le lemming Norwégien, le lemming Groënlandais, et une autre espèce de la même famille, le Spermophilus, allié à la marmotte. On a trouvé 13 individus de cette dernière espèce d'animal, dont quelques-uns avaient des squelettes entiers et présentaient, ainsi que l'a remarqué le Dr Blackmore, l'attitude courbée de l'hivernation; on peut les voir aujourd'hui dans le musée Blackmore. Outre les ossements de quadrupèdes, on a recueilli le fémur et les os coracoïdes de l'oie sauvage, ainsi que des coquilles d'œufs correspondant, sous le rapport du volume, avec ceux de l'oie et du canard sauvages. Ces coquilles sont en partie recouvertes d'incrustations superficielles. Comme l'oie sauvage, quand vient la saison de l'accouplement, se retire aujourd'hui dans les régions arctiques, la présence de ces œufs à Fisherton semblerait indiquer un climat froid, analogue à celui qui aurait pu convenir au lemming et à la marmotte (1).

Pour conclure, on voit qu'il existe, dans cette partie du Hampshire, trois classes indépendantes de preuves qui tendent à prouver, d'une manière différente, la haute antiquité de l'homme Paléolithique. Ces preuves sont: 1° la grande dénudation de la craie et des couches Tertiaires, et les modifications importantes qui ont eu lieu à cette époque dans le Hampshire, tant sous le rapport de la forme et de la profondeur des vallées, que sous celui de la configuration des côtes; 2° une transformation marquée de la faune, par suite de l'extinction d'un si grand nombre d'espèces remarquables de quadrupèdes; et 3° le changement de climat, résultant du passage d'une tem-

(1) Evans. *Geol. Quart. Journ.*, p. 193; août 1864.

pérature froide à une température chaude, et qui est démontré par la présence ancienne d'animaux propres aux contrées septentrionales, ainsi que par les erratiques du drift transportés par la glace.

De l'âge de poteries trouvées en Sardaigne dans des couches marines soulevées. — J'ai déjà signalé, dans un autre ouvrage (1), la formation marine, décrite par le comte Albert de la Marmora, et que l'on rencontre à Cagliari, sur la côte méridionale de l'île de Sardaigne, à la hauteur de plus de 90 mètres au-dessus du niveau de la Méditerranée. On a trouvé, dans ces dépôts, au milieu de quelques fragments grossiers de poteries, une petite boule aplatie, en terre cuite, et percée d'un trou suivant son axe, que l'on suppose avoir servi à donner du poids à des filets de pêche. Ces ouvrages d'art étaient associés à des coquilles marines, se rapportant toutes à des espèces vivantes ; les huîtres et les moules avaient leurs deux valves réunies. Je ne connais pas, en Europe, d'autre exemple d'un fond de mer qui, pendant la période humaine, ait été soulevé jusqu'à la hauteur de 90 mètres au-dessus du niveau primitif ; mais dans des contrées telles que la Sardaigne, où les cônes volcaniques les plus récents datent du Nouveau Pliocène, si ce n'est du Post-Pliocène, un pareil soulèvement n'implique pas une antiquité plus reculée que celle des temps Néolithiques (2).

(1) Voir, *Antiquity of Man*, p. 177.

(2) Dans mon ouvrage sur l'*Antiquité de l'homme* (p. 177), j'ai dit que ces couches marines soulevées, renfermant des poteries, étaient aussi anciennes que certaines brèches à ossements, que l'on voit près de Cagliari, et dans lesquelles on a trouvé les débris de deux espèces de mammifères éteints. Mais en examinant de nouveau la description géologique que donne de La Marmora de cette partie de la Sardaigne, je crois, comme très-probable, que ces brèches à ossements peuvent être aussi anciennes que les couches marines dans lesquelles sont enfouis les ouvrages d'art. Cette question a maintenant acquis un surcroît d'importance, depuis qu'il a été parfaitement prouvé qu'on n'avait encore découvert aucune trace de poterie (v. p. 719) dans les dépôts Paléolithiques du nord de l'Europe.

CHAPITRE XLVIII.

ENFOUISSEMENT D'ESPÈCES AQUATIQUES DANS DES STRATES SOUS-AQUEUSES.

Enfouissement d'animaux et de plantes d'eau douce. — Marne coquillière. — Tiges de chara et enveloppes de la semence de cette plante à l'état fossile. — Dépôts récents dans les lacs de l'Amérique. — Espèces d'eau douce entraînées dans les mers et dans les estuaires. — Des plaines de Lewes. — De la manière dont se produisent les alternances de strates marines et de strates d'eau douce. — Enfouissement de plantes et d'animaux marins. — Cétacés échoués sur nos rivages. — Testacés littoraux et d'estuaires entraînés au large. — Coquilles perforantes. — Testacés vivants trouvés à des profondeurs considérables. — Mélanges de débris organiques de différents âges.

Après avoir traité de l'ensevelissement de plantes et d'animaux terrestres, ainsi que de celui de débris humains, dans des dépôts actuellement en voie de s'accumuler sous les eaux, nous allons examiner de quelle manière des espèces *aquatiques* peuvent être enfouies dans les strates formées dans leur propre élément.

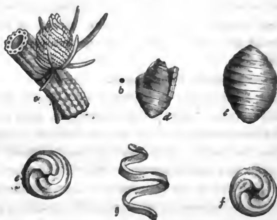
Plantes et animaux d'eau douce. — Les débris d'espèces appartenant à des genres d'animaux et de végétaux plus ou moins exclusivement limités à l'eau douce sont, pour la plupart, conservés dans des fonds de lacs ou d'estuaires ; mais il leur arrive, quelquefois, d'être entraînés par des rivières dans la mer, où ils sont mélangés avec les dépouilles de races marines. Les phénomènes qui accompagnent leur enfouissement dans des dépôts lacustres se trouvent parfois révélés à notre observation par l'épuisement de petits lacs, comme ceux qui, en Écosse, ont été mis à sec afin d'obtenir de la marne coquillière pour les besoins de l'agriculture.

On observe quelquefois dans ces formations récentes, ainsi qu'on le voit dans le Forfarshire, deux ou trois lits de marne calcaire séparés les uns des autres par des couches de tourbe transportée, de sable ou d'argile fossile. La marne, souvent,

consiste presque entièrement en un agrégat de coquilles appartenant aux genres Limnea, Planorbis, Valvata, et Cyclas, dont les espèces se trouvent aujourd'hui à l'état vivant en Écosse. Un très-grand nombre des testacés paraissent être morts très-jeunes, et c'est à peine si quelques-unes des coquilles indiquent, par leur grandeur, qu'elles parvinrent à leur entier développement. Elles sont quelquefois complétement décomposées, et forment alors une marne pulvérulente; d'autres fois, elles se trouvent dans un état de parfaite conservation. Souvent aussi elles sont entremêlées de tiges de Chara et d'autres végétaux aquatiques; le tout comprimé et comme tressé, forme souvent des feuillets aussi minces que du papier.

Tiges de Chara et enveloppes de la semence de cette plante à l'état fossile. — Comme le chara est une plante

Fig. 140.



Enveloppe de la semence du *Chara hispida*.

a. — Partie de la tige à laquelle adhère l'enveloppe de la graine. Grossie.
b. — Grandeur naturelle de l'enveloppe de la graine.
c. — Tégument de la gyrogonite, ou enveloppe pétrifiée de la graine du *Chara hispida*, trouvée dans les lacs marneux de l'Ecosse. Grossie.
d. — Coupe montrant la graine dans l'intérieur du tégument.
e. — Extrémité inférieure du tégument à laquelle la tige était attachée.
f. — Extrémité supérieure du tégument à laquelle les stigmates se trouvaient fixés.
g. — Vue des valves en spirale de *c.*

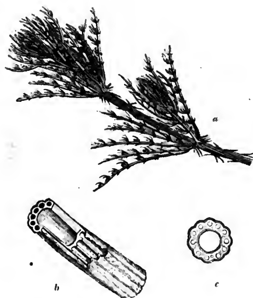
aquatique qui se rencontre fréquemment dans des formations de différentes périodes, et qui est souvent d'un grand secours au géologue, en ce qu'elle sert à caractériser des groupes entiers de strates, je décrirai la manière dont j'ai trouvé les espèces récentes à l'état de pétrification. Elles se rencontrent dans un lac marneux du Forfarshire, renfermées dans des nodules, et quelquefois dans une strate continue formée d'une espèce de travertin.

L'enveloppe de la semence de ces plantes est extrêmement dure et flexible ; elle consiste en une noix membraneuse couverte d'un tégument (*d*, fig. 140), qui sont, tous deux, striés ou côtelés en spirale. Le tégument se compose de cinq valves contournées en spirale, de forme quadrangulaire (*g*). Dans le *Chara hispida*, qui abonde, à l'état vivant, dans les lacs du Forfarshire, et qui est devenu fossile dans le lac de Bakie, chacune des valves en spirale de l'enveloppe de la semence fait un peu plus de deux fois le tour de cette enveloppe, le tout formant ensemble de dix à onze anneaux. Le nombre de ces anneaux varie beaucoup dans des espèces différentes ; mais, dans la même, il paraît être constant.

Les tiges de chara fossiles se rencontrent en grande abondance dans la marne d'Écosse. Dans quelques espèces, dans celle du *Chara hispida*, par exemple, la plante, à l'état vivant, contient une si grande quantité de carbonate de chaux, indépendamment de toute incrustation calcaire, que, lorsqu'elle est sèche, elle fait fortement effervescence en présence des acides. Les stries longitudinales des tiges du *Chara hispida* ont une tendance à la forme spirale, et, ainsi que cela paraît avoir lieu pour d'autres espèces du genre, tournent toujours de droite à gauche comme le filet d'une vis, tandis que celles de l'enveloppe de la graine tournent dans une direction contraire. Une coupe transversale de la tige offre une structure fort curieuse, cette tige consistant en un grand tube entouré de tubes plus petits (fig. 141, *b*, *c*), ainsi qu'on le voit dans plu-

sieurs espèces tant éteintes que récentes. Toutefois, dans certaines espèces, les tiges ne se composent que d'un seul tube (1).

Fig. 141.



Tige et branches du *Chara hispida*.

a. — Tige et branches de grandeur naturelle.
b. — Coupe de la tige grossie.
c. — Tube central entouré de deux rangs de tubes plus petits.

Les valves d'un petit mollusque appelé Cypris (*C. ornata* de Lam.) se rencontrent complétement fossilisées, comme les tiges du Chara, dans le travertin d'Écosse dont nous avons déjà parlé. La même Cypris habite les lacs et les étangs de l'Angleterre, où elle se trouve en abondance avec plusieurs autres espèces. Quoique extrêmement petites, elles sont visibles à l'œil nu, et peuvent être observées en grand nombre,

(1) *On Freshwater Marl.*, etc., par C. Lyell. *Geol. Trans.*, vol. II, 2e série, p. 73.

nageant très-vivement dans les eaux stagnantes de nos étangs et de nos fossés. Les antennes, à l'extrémité desquelles est un faisceau de soies fines disposées en pinceau, constituent les organes principaux qui leur servent à nager ; elles se meuvent avec une grande rapidité. L'animal est logé dans deux petites

Fig. 142





Cypris unifasciata, espèce vivante, extrêmement grossie.

a. — Partie supérieure.
b. — Profil.

Fig. 143.



Cypris vidua, espèce vivante, extrêmement grossie (1).

valves, assez semblables à celles d'un mollusque bivalve, et change chaque année de téguments, ce qui n'a pas lieu pour les mollusques conchifères. Les coquilles abandonnées ressemblent à des écailles minces, et se trouvent par myriades dans un grand nombre de marnes anciennes d'eau douce ; elles donnent à ces marnes une structure feuilletée comme celle que produit fréquemment la présence de lames de mica.

Les strates récentes d'origine lacustre dont il a été question, sont d'une très-petite étendue ; mais des dépôts analogues sont en voie de se former, sur une très-grande échelle, dans les vastes lacs du Canada, tels que les lacs Supérieur et Huron, où l'on voit des lits de sable et d'argile renfermer des coquilles ayant appartenu à des espèces vivantes (2). Le Chara se fait aussi bien remarquer dans la végétation sous-aqueuse

(1) Voir les *Crustacés*, de Desmarest, pl. 55.
(2) Dr Bigsby, *Journ. of science*, etc., n° XXXVII, p. 262-263.

de l'Amérique septentrionale que dans celle de l'Europe. J'ai observé, le long des bords de plusieurs lacs d'eau douce de l'État de New-York, des touffes nombreuses de cette plante qui, croissant dans une eau claire de profondeur moyenne, donnent au fond l'aspect verdoyant d'une prairie gazonnée. Il faut donc s'attendre à trouver dans le limon de ces lacs des enveloppes de graine conservées, comme on en a découvert à l'état fossile dans les couches Éocènes du Hampshire, dans celles des environs de Paris, et de plusieurs autres contrées.

ENFOUISSEMENT D'ESPÈCES D'EAU DOUCE DANS DES DÉPOTS D'ESTUAIRE ET DANS DES DÉPÔTS MARINS.

Plaines de Lewes. — Les occasions que nous avons quelquefois d'examiner les dépôts qui, depuis les temps historiques, ont comblé plusieurs de nos estuaires ainsi que des excavations pratiquées pour des puits et d'autres usages, en des points d'où la mer s'est définitivement retirée, nous permettent d'observer l'état des débris organiques qui s'y trouvent. La vallée de l'Ouse, entre Newhaven et Lewes, constitue un des estuaires que la mer a abandonnés dans le cours des sept ou huit derniers siècles. Là, ainsi que les recherches du Dr Mantell paraissent l'établir, des couches se sont accumulées sur une épaisseur de 9 mètres et plus. A la partie supérieure de ces couches se trouve immédiatement au-dessous de la terre végétale, un lit de tourbe d'environ 1m50 de puissance, dans lequel on rencontre un grand nombre de troncs d'arbres. Vient ensuite une strate d'argile bleue contenant des coquilles d'eau douce, de neuf espèces, analogues à celles qui habitent aujourd'hui le district, et parmi lesquelles on a trouvé un squelette de daim. La même argile renferme, dans sa partie inférieure, avec les coquilles d'eau douce sus-mentionnées, plusieurs espèces marines bien connues sur les côtes de l'Angleterre. Dans les couches les plus basses, souvent à la pro-

fondeur de 11 mètres, ces testacés marins se rencontrent sans le moindre mélange d'espèces fluviatiles, et on a découvert parmi eux le crâne du narwal, ou licorne de mer (*Monodon monocéros*). Au-dessous de tous ces dépôts, gît une couche d'argile, ou terre de pipe, qui doit son origine à la craie sous-jacente (1).

Si nous ne possédions pas de documents historiques sur l'ancienne existence d'un passage par où la mer aurait pu pénétrer dans cette vallée, et sur la destruction graduelle de ce passage, l'examen de la coupe que nous venons de décrire indiquerait, d'une manière non moins certaine que pourrait le faire une chronique écrite, la série suivante d'événements. On reconnaîtrait d'abord que le point en question fut occupé par un estuaire d'eau salée, qu'habitèrent pendant un grand nombre d'années des testacés marins, appartenant à des espèces identiques à celles qui vivent de nos jours, et dans lequel entraient parfois quelques-uns des plus grands cétacés. En second lieu, le passage diminua de profondeur, et l'eau devint saumâtre, ou alternativement douce et salée ; de sorte que les débris de coquilles d'eau douce et marines se trouvèrent mélangées dans le sédiment argileux bleuâtre qui se déposait sur le fond. Troisièmement, la profondeur continua à décroître jusqu'à ce que la quantité d'eau douce l'emportant sur celle d'eau de mer, l'estuaire devint inhabitable pour les testacés marins, et ne fut plus fréquenté que par des espèces fluviatiles et des insectes aquatiques. Quatrièmement, il se forma un marais tourbeux dans lequel des arbres végétèrent, ou furent peut-être introduits lors de quelque inondation, et où des quadrupèdes terrestres se trouvèrent embourbés. Finalement, le sol n'étant plus recouvert qu'à intervalles éloignés par les eaux douces, il fut transformé en une prairie verdoyante.

(1) Mantell, *Geol. of Sussex*, p. 285. Voir aussi le catalogue des débris organiques, *Geol. Trans.*, vol. III, part. I, p. 201, 2e série.

Delta du Gange et de l'Indus. — Il a déjà été établi que dans le delta du Gange il existe, sur le rivage de la mer, huit grandes ouvertures qui, suivant toute apparence, ont dû jadis servir successivement de canal principal de décharge à ce fleuve (1). Or, comme la base du delta a 320 kilomètres de long, il doit en résulter que chaque fois que cette grande masse d'eau de rivière vient à se déverser par une nouvelle bouche, l'eau de la mer, en un certain point, de salée qu'elle était devient douce, et, en un autre, de douce devient salée; car, à l'exception des parties où a lieu l'écoulement principal, l'eau salée ne lave pas seulement la base du delta, mais elle pénètre encore très-avant dans chacune des criques et des lagunes qui s'y trouvent. Il est donc évident que là peuvent se produire des alternances répétées de lits renfermant des coquilles d'eau douce, et de couches remplies de débris marins. Il a été aussi démontré par les forages des puits artésiens exécutés à Calcutta (voir vol. I, p. 628) que le delta s'étendait autrefois bien plus avant dans le golfe qu'il ne le fait aujourd'hui, et que le fleuve ne fait que reprendre à la mer le terrain perdu par voie d'affaissement, à quelque ancienne période. Des phénomènes analogues doivent être quelquefois occasionnés par une élévation et une dépression alternatives du sol, telles que celles qui ont eu lieu, de nos jours, dans le delta de l'Indus (2). Mais les mouvements souterrains n'affectent qu'un petit nombre des deltas formés à une même époque, tandis que l'envasement de quelques-uns des bras de certains grands fleuves, et l'ouverture de quelques autres, ainsi que le déplacement consécutif des points par où le volume principal de leurs eaux se déverse dans la mer, sont des phénomènes communs à presque tous les deltas.

Le nombre des espèces de testacés que contient la marne

(1) Voir vol. I, p. 620.
(2) Vol. II, p. 127.

calcaire récente d'Écosse dont il a déjà été question, est extrêmement limité; mais celui des individus qu'elle renferme est, au contraire, fort considérable — circonstance qui, en général, aide beaucoup à distinguer les formations d'eau douce des formations marines; car, dans ces dernières, ainsi qu'on le peut observer sur les rivages de la mer, sur les récifs de coraux, ou dans le fond des mers exploré à l'aide du dragage, partout où les coquilles, considérées individuellement, sont très-nombreuses, il arrive rarement qu'on ne trouve pas une grande variété d'espèces.

ENFOUISSEMENT DES DÉBRIS DE PLANTES MARINES ET D'ANIMAUX MARINS.

Plantes marines. — Lorsque les grands bancs de plantes marines transportées qui se rencontrent de chaque côté de l'équateur (1), dans l'Atlantique, dans l'océan Pacifique, et dans la mer des Indes viennent à s'enfoncer, ils donnent souvent naissance à des couches considérables de matière végétale. En Hollande, la tourbe sous-marine doit son origine aux Fucus, comme sur certaines parties de nos côtes, elle la doit à la *Zostera marina.* Dans les lieux où les Algues ne produisent point de tourbe, elles peuvent néanmoins, en raison de leur texture très-dure, laisser l'empreinte de leur forme sur le limon argileux et calcaire.

Les plantes marines sont souvent, pendant les fortes tempêtes, portées sur nos rivages en une telle abondance, qu'il est impossible de ne pas croire que des quantités considérables n'en soient enfouis dans les dépôts littoraux actuellement en voie de formation. Les recherches du Dr Forchhammer nous apprennent que les Algues, ne se contentant pas de contribuer avec les plantes terrestres à la formation de la houille, donnent aussi lieu à des changements chimiques importants

(1) Voir p. 500.

dans la composition des couches au sein desquelles elles sont ensevelies. Ces plantes renferment toujours de l'acide sulfurique, combiné, quelquefois, avec de la potasse, dans une proportion qui s'élève jusqu'à 8 1/2 pour cent, ainsi que de la magnésie et de l'acide phosphorique. Partout où de grandes masses de plantes marines se putréfient au contact de l'argile ferrugineuse, il se forme du sulfure de fer, ou des pyrites de fer, par l'union du soufre des plantes avec le fer de l'argile. La plupart des minéraux qui caractérisent les roches anciennes, surtout les schistes argileuses, les pyrites que l'on rencontre dans ces sortes de schistes, et les fragments d'anthracite que l'on trouve dans les strates marines, peuvent s'expliquer par la décomposition des fucoïdes ou plantes marines (1).

Ensevelissement de Cétacés. — Il arrive assez souvent que de grands cétacés qui ne peuvent nager que dans des eaux très-profondes, soient entraînés pendant des tempêtes ou au moment des hautes marées, soit dans des estuaires, soit sur de bas rivages où ils échouent quand la marée se retire. C'est ainsi qu'en l'année 1800, un narwall (*Monodon monocéros*) fut trouvé sur le rivage, près de Boston, dans le Lincolnshire; son corps était complétement enterré dans la vase. Un pêcheur, se trouvant sur son bateau, ayant aperçu la corne de ce narwall, essaya de le tirer à lui, et l'animal commença à remuer (2). En 1682, une baleine commune (*Balæna mysticetus*), de 21 mètres de longueur, échoua près de Peterhead. Plusieurs individus du genre Baleinoptère ont subi le même sort : il nous suffira de citer ceux qui furent jetés sur le rivage dans le Firth de Forth, près de Burntisland, et à Alloa, dont Sibbald et Neill font mention. L'autre individu cité par Sibbald, comme ayant échoué à Boyne, dans le Banffshire, était

(1) Forchhammer, *Report British Assoc.*, 1844.

(2) *Flemming's British Animals*, p. 37. Plusieurs autres exemples analogues sont cités dans cet ouvrage.

probablement un *Gibbar*. Ray parle d'un cétacé de grande taille, appartenant au genre Catodon (*cachalot*), qui échoua en 1598, sur la côte occidentale de la Hollande, ainsi que le rappelle une très-belle gravure Hollandaise du temps. Sibbald rapporte aussi qu'une troupe de plus de cent cachalots furent trouvés échoués à Kairston, dans les Orcades. On voit quelquefois des cadavres de grands cétacés flotter à la surface des eaux : nous citerons à cette occasion l'énorme baleine que l'on exposa à Londres, à la curiosité publique, en 1831. Le squelette d'une vache marine ou Lamantin (Halicora) fut, en 1785, jeté sur le rivage près de Leith.

C'est à quelque accident de ce genre que l'on peut attribuer la position dans laquelle on trouva près de Stirling, à Airthrey, sur le Forth, le squelette d'une baleine de 22 mètres de long, enfoui dans l'argile, à 6 mètres de profondeur au-dessus du niveau des plus hautes marées qui aient lieu aujourd'hui dans le Forth. D'après l'emplacement qu'occupait la station Romaine, et les chaussées qu'on observe à une faible distance de ce point, on a conclu que la baleine devait y avoir échoué à une époque antérieure à l'ère chrétienne (1).

Reptiles marins. — Certains fossiles d'une nature singulière ont été récemment découverts dans l'île de l'Ascension. Ils étaient renfermés dans une roche dont la production s'opère incessamment, dit-on, sur le rivage, où les vagues déposent de petits fragments arrondis de coquilles et de coraux, qui, par la suite des temps, s'agglutinent fortement ensemble, et forment une pierre que l'on emploie beaucoup pour les constructions et pour la fabrication de la chaux. Dans une carrière située au nord-ouest de l'île, et à cent mètres environ de la mer, on a trouvé des œufs fossiles de tortue, dans une roche dure ainsi formée. Les œufs devaient être près d'éclore au moment où ils furent enfouis ; car on voit dans leur intérieur

(1) *Quart. Journ. of Lit. Sc.*, etc., n° XV, p. 172, octobre 1819.

les os des jeunes tortues complétement développés. Les interstices qui séparent ces os sont entièrement remplis de grains de sable cimentés ensemble, de sorte que, lorsqu'on enlève la coquille des œufs, il reste dans la pierre une empreinte parfaite de leur forme. L'échantillon ici représenté (fig. 144),

Fig. 144.



Œufs fossiles de tortue trouvés dans l'île de l'Ascension (1).

qui n'a que 0m12 de long, dans son plus grand diamètre, renferme à lui seul sept œufs (2):

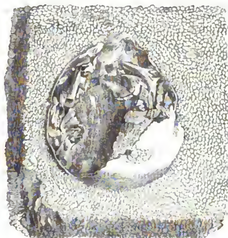
Pour expliquer comment ces œufs se trouvent ainsi à l'état fossile, il semble nécessaire de supposer qu'au moment où ils étaient sur le point d'éclore dans le sable chaud, une grande vague les couvrit d'une telle quantité de sable, que les rayons du soleil ne purent plus arriver jusqu'à eux, ce qui, en occasionnant le refroidissement du germe, le priva de vie. Peut-être qu'en même temps les coquilles furent légèrement brisées, et qu'alors de petits grains de sable purent s'introduire graduellement dans l'intérieur des œufs, à l'aide de l'eau, à mesure que celle-ci s'infiltrait dans les matériaux de la plage.

(1) Cet échantillon a été présenté par M. Lonsdale à la Société Géographique de Londres.

(2) Les os les plus distincts de ceux qu'on aperçoit dans la coquille, fig. 145, paraissent être la clavicule et l'os coracoïde. Ils sont creux, et par cette raison, ressemblent, à première vue, plutôt à des os d'oiseaux qu'à des os de reptiles; ces derniers n'ayant point de cavité médullaire. Le professeur Owen, pour m'aider à éclaircir ce fait, a eu l'obligeance de disséquer une tortue très-jeune. Il a trouvé que la partie extérieure seulement des os était solide, et que l'intérieur était encore rempli de cartilages.

Testacés marins. — Les animaux et les plantes aquatiques qui vivent dans les estuaires sont exposés, comme les arbres

Fig. 145.



Grosseur naturelle d'un des œufs représentés fig. 144, et dans lequel on voit les os du fœtus qui était près d'éclore.

et les animaux terrestres qui peuplent les plaines alluviales d'un grand fleuve, à être entraînés de temps en temps en pleine mer ; car de même qu'une rivière change continuellement de cours, et mine une portion de ses bords ainsi que les forêts qui les couvrent, de même un courant marin change quelquefois de direction, et entraine au loin les bancs de sable et de limon contre lesquels il exerce son action. Or, comme il est assez probable que ces bancs consistent, en grande partie, en coquilles particulières à des eaux basses, et quelquefois saumâtres, dont l'accumulation a pu se poursuivre pendant plusieurs siècles, jusqu'à ce qu'enfin elles aient été entraînées et répandues sur le fond de la mer, à une profondeur à laquelle elles n'auraient pu ni vivre ni se reproduire, il s'ensuit que les coquilles littorales et celles qui habitent les estuaires sont en-

core plus souvent exposées que les espèces d'eau douce, à se trouver mêlées à des débris provenant de tribus pélagiques.

Lorsque, après l'orage du 4 février 1831, plusieurs vaisseaux périrent dans l'estuaire du Forth, le courant se précipita si violemmment contre un banc d'huîtres, qu'une énorme quantité de ces huîtres furent jetées *vivantes* sur le rivage, et restèrent au-dessus de la marque des hautes eaux. J'en recueillis plusieurs, ainsi que quelques buccins comestibles ordinaires (*buccinum*) qui avaient été lancés en même temps, et je remarquai que, bien qu'ils fussent encore vivants, leurs coquilles avaient été usées, non par la simple action de la tempête qui les avait poussés sur le rivage, mais par le frottement prolongé du sable qui avait passé sur eux lorsqu'ils étaient dans leur gîte natif.

On voit d'après ces faits que l'union des deux parties d'une bivalve ne prouve nullement que cette coquille n'a point été transportée à une certaine distance, et que lorsqu'on trouve les coquilles usées, et toutes leurs parties saillantes effacées par le frottement, ce n'est pas une raison pour qu'elles n'aient pas été enfouies au point même où elles vécurent.

Coquilles perforantes. — Lorsqu'on observe, d'une part, la violence de la houle sur nos côtes, et, de l'autre, la force avec laquelle les courants détruisent les falaises et creusent de nouveaux canaux, on s'étonne quelquefois que des coquilles délicates et fragiles puissent habiter la mer dans le voisinage immédiat d'un pareil tumulte ; cela s'explique, toutefois, par la faculté que possèdent un grand nombre de bivalves et d'univalves turbinées de percer le sable ou le limon. Les solens et les bucardes, par exemple, que l'on trouve ordinairement dans les eaux basses près du rivage, peuvent facilement percer le fond de la mer, lorsqu'il n'est pas très-dur, sans que leurs coquilles en soient altérées ; et les pholades creusent quelquefois des cavités dans du limon d'une extrême dureté. Ces

coquilles, et plusieurs autres encore, peuvent, quand elles redoutent quelque danger, s'enfoncer dans les couches sous-marines, avec une grande rapidité, souvent même jusqu'à la profondeur de plusieurs décimètres, et revenir à la surface, lors même qu'une masse de matière s'est accumulée au-dessus d'elles. La tempête exercera donc vainement sa furie, elle pourra même entraîner la partie supérieure des bancs de sable et de limon, ou couvrir ces bancs de cailloux, sans que les testacés qui se trouvent au-dessous en ressentent la plus légère atteinte.

Fossilisation de coquilles à des profondeurs considérables. — Nous avons déjà vu qu'à la profondeur de 950 brasses, entre Gibraltar et Ceuta, le capitaine Smyth a trouvé un fond couvert de gravier, et parsemé de coquilles brisées, qui, suivant toute apparence, y ont été amenées des parties, comparativement basses, du détroit voisin, dans lequel coule un courant puissant. Là, des lits de sable coquillier de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur pourraient s'accumuler dans le cours des siècles. Mais des coquilles peuvent, sans l'aide de la force de transport d'un courant, s'amasser, à de grandes profondeurs, dans les lieux où elles vivent et où elles meurent, si des sédiments se déposent sur elles; car, même dans nos latitudes froides, les profondeurs où abondent certains animaux marins vivants sont très-considérables. Le capitaine Vidal a constaté, par des sondages exécutés à la hauteur de l'île Tory, sur la côte nord de l'Irlande, que des crustacés, des étoiles de mer et des testacés se rencontraient à diverses profondeurs, entre 50 et 100 brasses; et il ramena des Dentales du limon de la baie de Galway, d'une profondeur de 230 à 240 brasses.

Le même hydrographe a découvert, sur le banc de Rockhall, de grandes quantités de coquilles, à des profondeurs variant entre 45 et 190 brasses. Ces coquilles étaient évidemment récentes, ainsi qu'il était facile d'en juger d'après l'éclat de leurs couleurs. On a observé, dans la même région, un lit

d'os de poissons qui recouvre le fond de la mer sur une étendue de 3,200 mètres, à 10 et 90 brasses de profondeur. A l'extrémité orientale du banc de Rockball, on a trouvé aussi, à la profondeur de 235 brasses, des os de poissons mélangés avec des fragments de coquilles récentes.

Des formations analogues sont en voie de se former sur tous les points de l'espace sous-marin compris entre les îles Shetland et le nord de l'Irlande, où des sondages ont pu être pratiqués. Un dépôt continu de sable et de limon, rempli de coquilles brisées et entières, d'Échinites, etc., a été suivi sur plus de 32 kilomètres, à l'est des îles Féroé, ordinairement à la profondeur de 40 à 100 brasses. Il existe, en un certain point de cet espace (lat. 61° 50', long. 6° 30'), une si grande quantité d'os de poissons, que l'on ne peut remonter la sonde sans qu'elle ramène quelque vertèbre. Cette *couche à ossements* — nom sous lequel la désignent nos ingénieurs — a 7,600 mètres de longueur, et se trouve à 45 brasses au-dessous de la surface. Quelques coquilles y sont mêlées aux os de poissons.

Dans les mers Britanniques, les coquilles et autres débris organiques se rencontrent dans la vase molle, ou dans le sable et le gravier non agglutinés; tandis que dans le lit de l'Adriatique, Donati les a trouvés souvent enfermés dans des roches solides d'origine récente. Or, telle est précisément la différence caractéristique que l'on pouvait s'attendre à reconnaître entre les dépôts marins Britanniques actuellement en voie de se former, et ceux de l'Adriatique ; car les sources calcaires et d'autres sources minérales abondent dans la Méditerranée et dans les terres voisines, alors qu'il y a absence presque complète de ces mêmes sources dans les îles Britanniques. J'ai déjà appelé l'attention sur les huit régions situées à différentes profondeurs dans la mer Égée ; chacune, explorée à l'aide du dragage par le professeur Forbes, a été reconnue comme étant caractérisée par un assemblage particulier de coquilles,

décrites par ce savant naturaliste (voir ci-dessus, p. 476).

Mais depuis l'époque où Edward Forbes fixait le zéro de la vie animale, dans la mer Égée, à la profondeur de 300 brasses, d'autres observateurs, parmi lesquels le capitaine Mac Clintock et le Dr Wallich, ont trouvé des étoiles de mer vivantes, à la profondeur de 1,000 brasses, sur un point situé à mi-chemin entre le Groënland et l'Islande. De son côté, le docteur Hooker, dans le voyage aux régions Antarctiques qu'il a accompli avec le capitaine Sir. J. C. Ross, a constaté, par des sondages pratiqués à la hauteur de Victoria Land, entre les 71e et 78e degrés de latitude sud, que le fond de l'Océan était habité, à des profondeurs de 200 à 400 brasses, par des crustacés, des mollusques, des serpules, des éponges et plusieurs autres invertébrés (1).

Dans ces divers cas, le moindre dépôt de sédiment, celui, par exemple, que pourraient produire des rivières arrosant un continent, ou des courants qui mineraient une ligne de falaises, ou la fonte de bancs de glace chargés de limon, de sable et de cailloux, suffirait pour que des formations stratifiées de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, et remplies de débris organiques, pussent s'accumuler dans le cours des siècles.

On observe fréquemment, sur le rivage de la mer, des échantillons très-complets de coquilles marines, tout à fait détachés de leur gangue, et que les eaux ont entraînés des formations anciennes dont se composent les falaises. Il se peut que toutes ces coquilles appartiennent à des espèces éteintes, comme les coquilles marines et d'eau douce de date Éocène qui sont répandues sur les rivages septentrionaux du Hampshire; et cependant, de ce qu'elles se trouvent mélangées avec des coquilles de l'époque actuelle, et ensevelies dans les mêmes dépôts de limon et de sable, elles pourraient bien être considérées un jour comme étant toutes du même âge, par les

(1) *Antiquity of Man*, p. 268, et *Appendice* II, p. 528.

géologues qui viendraient plus tard à les recueillir et à les examiner. Quant à ces agglomérations où se trouvent confondus et pêle-mêle des débris organiques de différents âges, il est incontestable qu'elles remontent à des temps anciens, quoique leur présence paraisse être tout à fait locale et exceptionnelle. Voilà donc une classe d'accidents qui sont, on le voit, plus propres que les autres à introduire de sérieux anachronismes dans la chronologie géologique.

CHAPITRE XLIX.

FORMATION DE RÉCIFS DE CORAUX.

Développement des coraux presque entièrement limité aux régions tropicales. — Des principaux genres de zoophytes qui bâtissent des récifs. — De la proportion dans laquelle s'opère leur croissance. — Ils se développent rarement à plus de vingt brasses de profondeur. — Atolls ou récifs annulaires avec lagunes. — Iles Maldives. — Origine de la forme circulaire des atolls. — Les récifs de polypiers ne reposent pas sur des cratères volcaniques submergés. — Théorie de l'affaissement des polypiers, proposée par M. Darwin pour expliquer les atolls ou récifs annulaires, et les récifs-barrières qui forment enceinte. — Cause pour laquelle le côté au vent, dans les atolls, est le plus élevé. — La théorie de l'affaissement explique pourquoi tous les atolls sont presque au même niveau. — Aires alternantes d'élévation et d'affaissement. — Origine des passages qu'on observe dans les lagunes. — Grandeur des atolls et des récifs-barrières. — Objection à la théorie d'affaissement. — Composition, structure et disposition stratifiée des roches actuellement en voie de se former dans les récifs de coraux. — Origine de la choux. — Controverse élevée au sujet de l'augmentation supposée de la matière calcaire dans les temps modernes. — Dernières remarques et conclusion.

La faculté que possèdent les êtres organisés de modifier la forme et la structure de l'écorce terrestre se manifeste de la manière la plus sensible dans le travail dû aux zoophytes. Ce travail, dans l'Océan, peut se comparer aux effets produits sur la terre ferme, mais dans des proportions plus petites, par les plantes qui concourent à la formation de la tourbe. Dans le Sphagnum, la partie supérieure végète, tandis que la portion inférieure pénètre dans une masse minérale, où des traces d'organisation se retrouvent encore lorsque la vie a complétement cessé. De même, dans les coraux, les matériaux les plus durables d'une génération éteinte servent de fondation à un autre édifice semblable que les animaux vivants continuent à ériger.

La partie pierreuse du zoophyte lamelliforme peut être comparée à l'intérieur d'un squelette ; car elle est toujours plus ou moins entourée d'une substance animale molle et ex-

tensible ; cependant, lorsque l'animal est effrayé, il a la faculté de se contracter et de se retirer presque entièrement dans les cellules et les cavités de son enveloppe dure de corail. Quoique, dans leur élément naturel, ces animaux présentent ordinairement les plus belles couleurs, leurs parties molles n'ont d'autre aspect, lorsqu'on les retire de la mer, que celui d'une substance visqueuse noirâtre, répandue sur le noyau pierreux (1).

Le développement des polypiers qui forment des récifs pierreux est exclusivement limité aux régions chaudes du globe ; rarement on en trouve à plus de 2 ou 3 degrés au delà des tropiques, excepté toutefois dans des localités particulières, comme aux îles Bermudes, par 32° de lat. nord, où l'Atlantique est échauffé par le Gulf-Stream. La mer des Antilles est excessivement corallifère. L'Océan Pacifique renferme, sur l'espace compris entre les trentièmes parallèles de latitude de chaque côté de l'équateur, une quantité prodigieuse de coraux ; on en trouve beaucoup aussi dans les golfes Arabique et Persique, ainsi que dans cette partie de la mer des Indes qui s'étend entre la côte du Malabar et l'île de Madagascar.

Fig. 116.



Meandrina labyrinthica, Lam. Syn. *Cœloria labyrinthica*, M. Edw. et J. Haimes.

Flinders décrit un récif de polypiers situé sur la côte orientale de la Nouvelle-Hollande comme ayant une longueur de

(1) Ehrenberg, *Nat. und Bild. der Coralleninseln*, etc., Berlin, 1834.

près de 1,600 kilomètres, et comme ne présentant aucune solution de continuité sur une étendue de 560 kilomètres. Quelques-uns des groupes d'îles de coraux de la Mer Pacifique ont de 1,760 à 1,920 kilomètres de longueur, sur 480 à 640 kilomètres de large; tels sont, entre autres, l'archipel Dangereux, et celui auquel Kotzebue a donné le nom de Radack; mais les îles qui constituent ces groupes ne forment que des points peu étendus et souvent très-clair-semés. MM. Duchassaing et Jean Michelotte ont récemment publié un exposé succinct de la distribution des coraux relativement à la profondeur de la mer (1).

Un certain nombre de zoophytes, tels que les espèces appartenant aux genres *Zoanthes* et *Palythoa*, sont littoraux et laissés à découvert à chaque basse marée. Dans des endroits peu profonds, où les coraux sont toujours couverts par une certaine couche d'eau, les espèces prospères sont des *Porites*, *Astrées*, *Madrepores*, *Solenastrées* et *Phyllangiées*. Les Meandrines sont quelquefois laissées à découvert. Toutes ces espèces ont reçu le nom d'espèces sous-littorales. On trouve, à la profondeur de 1m80 à 3 mètres, les genres Mussa, Colpophyllia, Lithopyllia, Symphyllia, Millepora, etc., et à celle de 3 mètres à 6 mètres les espèces Dichocœnia, Stephanocœnia et Desmophyllum.

La distribution d'espèces particulières, par rapport à la profondeur des eaux où elles se développent, se montre d'une uniformité remarquable. Suivant M. Darwin, et comme on le verra dans la suite, les zoophytes constructeurs de récifs vivent rarement à une profondeur excédant 36 mètres; mais M. Duchassaing a obtenu quelques espèces de coraux pierreux, dans la mer des Antilles, à des profondeurs de 180 à 270 mètres. Dans des climats tempérés, des espèces telles que les *Caryophyllia Smythi*, Stockes, sont sous-littorales;

(1) *Supplement au Mémoire sur les Coralliaires des Antilles. Mem. della Reale Acc. delle Scienze di Torino*, série II, t. XXIII.

toutefois le Dr Duncan me rappelle — et le fait est géologiquement d'une grande importance, au point de vue de l'extinction des formes — que les espèces étroitement alliées *C. Borealis* vivent actuellement dans des eaux profondes, à la hauteur des îles Shetland.

Parmi les espèces nombreuses de zoophytes qui concourent à la production de bancs de coraux, quelques-unes des plus communes appartiennent aux genres *Astræa*, *Porites*, *Madrepora*, *Millepora*, *Pocillopora* et *Mæandrina*, établis par Lamarck.

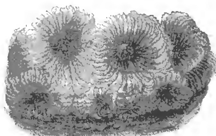
De la proportion dans laquelle s'opère la croissance des polypiers. — Des opinions très-différentes ont été émises à l'égard de la proportion dans laquelle s'accroissent les récifs de polypiers. Lors de la dernière expédition du capitaine Beechey dans l'Océan Pacifique, on ne put recueillir aucune preuve positive que tel ou tel canal ait été rempli dans une période donnée ; et il semble établi que plusieurs récifs sont restés, pendant plus d'un demi-siècle, à peu près à la même distance de la surface.

Ehrenberg aussi met en doute le fait du comblement de certains canaux et de certains ports de la Mer Rouge par suite de l'accroissement rapide du calcaire corallien. Il attribue l'opinion émise en ce sens, à ce que plusieurs ports ont accidentellement été comblés, en quelques points, avec du sable madréporique, et en d'autres, avec de grandes quantités de lest provenant de roches corallifères, et abandonné par des vaisseaux au chargement desquels il avait servi.

Les naturels des Bermudes montrent certains polypiers actuellement en voie de croître dans la mer, et qui, suivant la tradition, ont vécu sur les mêmes points, pendant plusieurs siècles. On prétend que quelques-uns d'entre eux peuvent rivaliser, sous le rapport de l'âge, avec les plus vieux arbres de l'Europe. Ehrenberg a également observé des polypiers isolés, de 1m80 à 2m70 de diamètre, appartenant aux genres

Mæandrina et Favia, ayant une forme globulaire, et « qui, dit-il, doivent être d'une ancienneté prodigieuse, c'est-à-dire

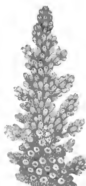
Fig. 147.



Genres de zoophytes très-communs dans les récifs de coraux
Astræa dipsacea, Ehrenb. sp. Syn. *Acanthastræa grandis*, Milne Edwards et J. Haimes.

avoir probablement plusieurs milliers d'années, de sorte que Pharaon a pu voir les mêmes masses d'individus dans la mer

Fig. 148.



Extrémité d'une branche de *Madrepora muricata*, Lin.

Fig. 149.



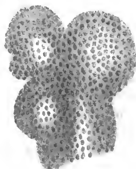
Caryophillia fastigiata, Lam. Syn. *Eusmilia fastigiata*, Milne Edwards et J. Haimes.

Rouge (1). » L'ancienneté de ces polypiers implique nécessairement, comme le remarque Ehrenberg, que l'accroissement

(1) Ehrenberg, ouvrage déjà cité, p. 734.

du récif sur lequel ils se sont développés a été excessivement lent. Sur plus de cent espèces recueillies par cet observateur,

Fig. 150.



Porites clavaria, Lam.

Fig. 151.



Oculina hirtella, Lam.

il n'en a trouvé aucune qui fût couverte de zoophytes parasites. Il n'a pas rencontré non plus un seul exemple de corail vivant se développant sur un autre corail vivant. C'est à cette action répulsive que les polypiers d'un même genre exercent les uns contre les autres, pendant qu'ils sont vivants, que l'on doit l'admirable symétrie que présentent quelques-unes des grandes Méandrines, et plusieurs autres espèces qui font l'ornement de nos musées. Cependant, des Balanes et des Serpules peuvent s'attacher aux tissus du derme des coraux vivants, de même que des mollusques saxicaves peuvent y percer des trous.

A Taaopoto, île de l'Océan Pacifique Méridional, on a trouvé, à sept brasses de profondeur, l'ancre d'un vaisseau naufragé depuis cinquante ans environ, qui avait conservé sa forme primitive, mais qui était entièrement incrustée de corail (1). Ce fait semble indiquer une extrême lenteur dans l'accroissement des polypiers ; toutefois, il doit être très-difficile de se faire une idée exacte du taux moyen de cet accroissement,

(1) Stuchbury, *West of England Journal*, nº 1, p. 49.

puisqu'il doit varier, non-seulement suivant les espèces de coraux, mais aussi suivant les diverses circonstances dans lesquelles chaque espèce peut se trouver placée ; comme, par exemple, la profondeur au-dessous de la surface, la quantité de lumière, la température de l'eau, le manque de sable ou de limon, et enfin l'absence ou la présence de brisants, qui sont favorables au développement de quelques espèces et nuisibles à celui de certaines autres. On pourrait observer aussi que l'état, en apparence stationnaire, de quelques récifs de polypiers qui, suivant Beechey, sont restés pendant des siècles à la même profondeur sous l'eau, peut être attribué à un phénomène d'affaissement, l'accroissement du corail à la partie supérieure du récif ayant compensé exactement l'affaissement de la base sur laquelle les zoophytes ont élevé leur construction. Nous verrons plus loin jusqu'à quel point cette hypothèse se trouve appuyée sur d'autres preuves dans les régions de récifs annulaires ou atolls.

Dans l'un des groupes des îles Maldives, le lieutenant Prentice a trouvé un récif de polypiers, *entièrement revêtu de coraux et de madrépores vivants*, à la place d'un îlot qui s'y élevait, il y a très-peu d'années, couvert de cocotiers en pleine végétation. Les naturels rapportent que la surface de l'îlot a été emportée par des courants qui ont changé de direction, et la couche coralline qui est en voie de s'accroître s'est évidemment formée dans un espace de temps très-court (1). Il résulte des expériences faites par le Dr Allan, sur la côte orientale de Madagascar, qu'un polypier peut atteindre, dans six mois environ, une épaisseur de 0m90 (2) ; d'où il suit que, sous des circonstances favorables, le taux d'accroissement est bien éloigné d'être lent.

On ne doit pas supposer que les masses calcaires, désignées sous le nom de récifs de polypiers, sont exclusivement l'ouvrage des

(1) Darwin, *Récifs de coraux*, p. 77.
(2) *Ibid.*, p. 78.

zoophytes : un grand nombre de coquilles, dont quelques-unes appartiennent aux plus grandes et aux plus pesantes des espèces connues, contribuent à augmenter ces masses. Dans l'Océan Pacifique Méridional, de grands bancs de Serpules, d'huitres, de moules, de *Pinnæ marinæ*, de *Chamæ* (ou *Tridacnæ*), et de divers autres coquillages, recouvrent presque tous les récifs ; et, sur les rivages des iles de coraux, on voit des têts d'échinites et des fragments brisés de crustacés. On distingue aussi, à travers les eaux bleues et transparentes de la mer, des multitudes de poissons dont les dents et les palais ne peuvent guère, en raison de leur dureté, manquer de se conserver le plus souvent, malgré la décomposition à laquelle sont exposés leurs ossements tendres et cartilagineux.

En 1780, le naturaliste Allemand Forster, après le voyage qu'il fit autour du monde avec le capitaine Cook, émit l'opinion que les coraux avaient la faculté d'élever, du fond de mers très-profondes, des murs escarpés et presque perpendiculaires. Cette opinion fut ensuite adoptée par le capitaine Flinders et par plusieurs autres ; mais, aujourd'hui, il est généralement admis que la plupart de ces zoophytes ne peuvent vivre dans des eaux d'une grande profondeur.

M. Darwin a été amené à conclure que les espèces qui concourent le plus à la construction des récifs prospèrent rarement à une profondeur excédant 20 brasses, ou 36 mètres. Cependant, d'après Kotzebue, on trouverait dans des lagunes où l'eau est peu agitée des lits de coraux vivants à des profondeurs de 25 brasses ou 45 mètres ; mais il se peut que ces zoophytes aient commencé de vivre dans des eaux peu profondes, et qu'ils aient été ensuite transportés plus bas par suite de l'affaissement du récif. On observe aussi plusieurs espèces de zoophytes dont quelques-uns, pourvus de tiges calcaires ou cornées, vivent dans des eaux d'une profondeur plus grande et qui même atteint quelquefois 180 brasses ;

mais ces animaux ne paraissent pas donner naissance à des récifs rocheux.

Les récifs de coraux affectent toute espèce de forme ; les plus remarquables et les plus nombreux dans la Mer Pacifique consistent en bandes de terre sèche, circulaires ou ovales, entourant un lac peu profond ou une lagune d'eau dormante, où abondent des zoophytes et des mollusques. Ces récifs annulaires dépassent à peine le niveau de la mer, et sont environnés d'un océan profond et souvent insondable.

La coupe ci-jointe (fig. 152) représente une de ces îles cir-

Fig. 152.

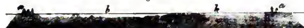


Vue de l'île de Whitsunday (Cap. Beechey) (1).

culaires, s'élevant un peu au-dessus des vagues ; elle est couverte de cocotiers et de divers autres arbres, et renferme une lagune d'eau tranquille.

La figure suivante peut donner au lecteur une idée de la forme ordinaire de ces îles (fig. 153).

Fig. 153.



Coupe d'une île du corail.

a a. — Partie habitable de l'île, consistant en une bande du corail qui entoure la lagune.

bb. — La lagune.

(1) *Voyage to the Pacific*, etc., en 1825-28.

La figure 154 représente une petite partie de la section d'une île de corail sur une plus grande échelle.

Fig. 154.



Coupe d'une partie d'une île de corail.

a b. — Partie habitable de l'île.
b b'. — Pente du côté de l'île, plongeant avec un angle de quarante cinq degrés sur une profondeur de 450 mètres.
c c. — Portion de la lagune.
d d. — Monticules composés de coraux, et formant des masses surplombantes qui ressemblent à des chapiteaux de colonnes.

Sur les trente-deux îles de corail visitées par Beechey, dans son voyage à la Mer Pacifique, vingt-neuf avaient des lagunes dans leur centre. Le diamètre de la plus grande égalait 48 kilomètres, et celui de la plus petite n'atteignait pas 1,600 mètres. Les dimensions de chacune de ces îles allaient en augmentant par suite de l'activité déployée dans le travail par les lithophytes, qui semblaient étendre de plus en plus, et amener à la surface, les parties immergées de leurs constructions. L'aspect que présentent ces récifs annulaires est aussi remarquable par sa singularité que par sa beauté. Qu'on se figure une bande de terre de quelques centaines de mètres de large, couverte de cocotiers très-élevés, au-dessus desquels s'étend la voûte azurée du ciel. Cette bande de verdure est limitée par un banc de sable blanc, de l'éclat le plus vif; le bord extérieur est entouré d'un anneau de brisants d'une blancheur égale à celle de la neige, et au-delà desquels on aperçoit les eaux sombres et agitées de l'Océan. Le banc intérieur entoure l'eau calme et transparente de la lagune qui, bien qu'elle repose en très-grande partie sur un sable blanc, parait d'un vert très-vif lorsqu'elle est éclairée verticalement par les rayons du soleil (1). Certaines espèces de zoophytes

(1) *Darwin's Journal*, etc., p. 540, et nouvelle édition, de 1845, p. 453.

abondent surtout dans la lagune ; d'autres, au contraire, sont plus nombreuses sur le bord extérieur, où se fait sentir un fort clapotement. « Quand l'océan, dit M. Darwin, lance ses vagues sur ces rivages extérieurs, on dirait d'un ennemi invisible, que l'on voit, pourtant, combattu et dompté par des obstacles en apparence très-faibles et impuissants. Jamais il n'est en repos, et jamais ne cessent les grosses houles, dues à l'action constante des vents alizés. Le tourbillonnement des eaux sur les brisants est bien plus violent dans ces iles que dans nos régions tempérées, et l'on ne peut les observer sans être convaincu que des roches, même de granit ou de quartz, finiraient par céder à des forces aussi irrésistibles, et par être démolies. Et, malgré cela, ces petites iles de coraux, si basses et si insignifiantes, se défendent et restent victorieuses, grâce à l'intervention d'un autre pouvoir, antagoniste du premier, qui prend part à la lutte. Les forces organiques détachent, un à un, des brisants écumeux, les atomes de carbonate de chaux, pour les réunir ensuite sous une forme symétrique ; des myriades d'architectes sont, toute l'année, nuit et jour, à l'ouvrage, et l'on voit leurs corps gélatineux et mous dompter, à l'aide des lois supérieures de la vitalité, la puissance mécanique des vagues d'un océan, contre lesquelles ni l'industrie de l'homme, ni la partie inanimée de la nature ne pourraient lutter avec succès (1). »

Comme les animaux producteurs du corail sont obligés d'être continuellement immergés dans l'eau salée, ils ne peuvent s'élever par leurs propres forces au-dessus du niveau des plus basses marées. La transformation des récifs en iles dont le niveau dépasse celui de la mer, a été ainsi décrite par Chamisso, naturaliste qui accompagna Kotzebue dans ses voyages : « Quand le récif, dit-il, est d'une hauteur telle qu'il se trouve presque à sec au moment de la basse mer, les coraux abandonnent leurs travaux. Au-dessus de cette ligne, on observe

(1) *Darwin's Journal*, etc., p. 547-548, et 2e édition de 1845, p. 460.

une masse pierreuse continue, composée de coquilles de mollusques et d'échinites avec leurs pointes brisées, et des fragments de coraux, cimentés par un sable calcaire provenant de la pulvérisation des coquilles. Il arrive souvent que la chaleur du soleil pénètre cette masse de pierre quand elle est sèche, et y occasionne des fentes en plusieurs endroits ; alors les vagues ont assez de force pour diviser des blocs de coraux, qui ont souvent jusqu'à 1m80 de long, sur 0m90 et 1m20 d'épaisseur, et pour les lancer sur les récifs, ce qui finit par en élever tellement la crête, que la haute mer ne la recouvre, à la marée montante, que pendant quelques saisons de l'année. Le sable calcaire n'éprouve ensuite aucun dérangement, et offre aux graines d'arbres et de plantes que les vagues y amènent, un sol sur lequel ces végétaux croissent assez rapidement pour ombrager bientôt sa surface éblouissante de blancheur. Les troncs d'arbres entiers qui sont transportés par les rivières, d'autres pays et d'autres îles, y trouvent enfin un point d'arrêt après leur longue course, et avec eux s'introduisent de petits animaux, tels que des insectes et des lézards, qui deviennent les premiers habitants de ces récifs. Même avant que les arbres soient assez touffus pour former un bois, les oiseaux de mer y construisent leurs nids ; les oiseaux de terre égarés viennent y chercher un refuge dans les buissons ; et, plus tard enfin, lorsque la transformation est depuis longtemps accomplie, l'homme paraît et bâtit sa hutte sur le sol devenu fertile (1). »

Dans la description précédente, la masse pierreuse est indiquée comme consistant en coquilles et en coraux cimentés par du sable ; mais on trouve aussi, même dans les parties les plus élevées et les plus récentes du récif, des masses de calcaire extrêmement compacte, qui ne peuvent avoir été produites que par une précipitation chimique. Le professeur Agassiz, de son côté, m'informe que ses observations sur les récifs de

(1) *Kotzebue's Voy.*, 1815-18, vol. III, p. 231-3.

la Floride (confirmant la théorie de Darwin sur les atolls, dont nous parlerons plus loin) l'ont convaincu que de gros blocs sont démembrés, non-seulement par le retrait de la matière qu'occasionne la chaleur du soleil, ainsi que l'a supposé Chamisso, mais aussi par suite des innombrables perforations des lithodomes et d'autres testacés saxicaves.

Il se pourrait que, dans ces exemples, le carbonate de chaux provînt de la décomposition de coraux et de testacés ; car, lorsque la matière animale est en putréfaction, la matière calcaire doit être mise en liberté dans des circonstances très-favorables à sa précipitation, surtout quand il se rencontre quelques autres substances calcaires, telles que des coquilles et des coraux, sur lesquelles elle peut se déposer. C'est ainsi que des corps organiques peuvent se trouver renfermés dans un ciment solide, et faire partie de masses rocheuses (1).

La largeur de la bande circulaire de coraux morts formant les îles explorées par le capitaine Beechey, n'excédait en aucun cas 800 mètres, depuis la zone ordinairement baignée par la mer jusqu'au bord de la lagune, et n'était en général que de 3 ou 400 mètres (2). La profondeur des lagunes est variable : dans quelques-unes de celles où le capitaine Beechey a pénétré, elle était de 20 à 38 brasses.

Les deux autres circonstances qui caractérisent le plus ordinairement les récifs annulaires ou atolls, consistent : 1° en ce que la bande de coraux morts est toujours plus haute du côté du vent dominant ; 2° en ce que, généralement, il existe dans le récif une ouverture formant un passage étroit, dont la profondeur est souvent considérable, et qui sert de communication entre la mer et la lagune.

Iles Maldives et Laquedives. — La chaîne de récifs et d'îles désignée sous le nom de Maldives (voy. fig. 155), et

(1) Stuchbury, *West of England Journ.*, n° 1, p. 50 et M. Duman, *Quart. Journ Geol. soc.* nov. 1851, p. 360.
(2) *Captain Beechey*, part. 1, p. 183.

située dans l'Océan Indien, au sud-ouest du Malabar, s'étend du nord au sud, sur une longueur de 470 milles géographiques, avec une largeur moyenne de 8 kilomètres. Elle se compose d'une série de groupes d'ilots entièrement formés de corail, et les plus considérables de ces groupes ont de 64 à 144 kilomètres dans leur plus grand diamètre. Le capitaine Horsburgh, à qui l'on est redevable de la carte ci-jointe de ces îles, a constaté qu'en dehors de chaque cercle ou *atoll*, il y a des récifs de coraux qui s'étendent, parfois, jusqu'à la distance de 3,200 à 4,800 mètres, au delà de laquelle on n'atteint pas le fond de la mer, même à d'immenses profondeurs. Mais, au centre de chaque atoll, il existe une lagune de 15 à 49 brasses de profondeur. On ne peut ordinairement toucher le fond, à 150 ou même à 260 brasses, dans les canaux qui séparent les atolls; mais, dans la reconnaissance faite par le capitaine Moresby, on l'a rencontré, en quelques points, à 150 et 200 brasses. Ce sont les seuls exemples connus où l'on ait pu, dans les océans Indien ou Pacifique, trouver le fond d'un espace intermédiaire entre deux atolls séparés et parfaitement caractérisés.

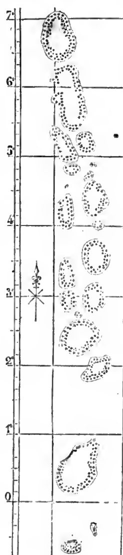


Fig. 155.

Les atolls de cet archipel offrent une forme singulière, en ce qu'ils ne se composent pas d'un récif circulaire continu, mais d'un

anneau de petites îles de corail, quelquefois au nombre de plus de cent, et dont chacune constitue un atoll en miniature ; c'est, en d'autres termes, une bande annulaire de corail qui entoure une lagune d'eau salée. Pour expliquer leur origine, M. Darwin suppose que les récifs annulaires plus grands ont été brisés en un certain nombre de fragments, et que chacun de ces fragments a pris des configurations particulières, sous l'influence de causes semblables à celles qui ont produit la structure de l'atoll parent. La plupart des petits anneaux n'ont pas moins de 4,800 et même de 8,000 mètres de diamètre, et quelques-uns sont situés au milieu de la lagune principale ; mais cela n'arrive que dans les cas où la mer peut se frayer un libre passage, à travers des brèches, dans le récif extérieur ou marginal.

Les Maldives consistent en une roche sablonneuse formée de coquilles et de coraux brisés, comme on les trouve sur le rivage, non agglutinés ; mais cette roche durcit quand elle est exposée à l'air pendant quelques jours. Elle se compose quelquefois d'un agrégat de coquilles brisées, de coraux, de morceaux de bois et de coques de noix de coco (1).

Les Laquedives s'étendent au nord, et les Chagos, au sud, sur la même ligne que les Maldives ; de sorte que ces divers groupes peuvent être considérés comme une seule et même chaîne de montagnes sous-marines, couronnées, de la même manière, par des calcaires coralliens.

Origine non-volcanique de la forme circulaire des atolls. — La forme circulaire et ovale d'un si grand nombre de récifs, ayant chacun une lagune dans le centre, et entourés de toute part d'une mer profonde, donne naturellement l'idée que les atolls ne sont autre chose que des crêtes de cratères volcaniques sous-marins, surmontées de polypiers ; théorie que j'ai moi-même soutenue dans les premières éditions de

(1) Capitaine Moresby, *Sur les Maldives. Journ. of the Royal Geograph. Soc.*, vol. V, part. II, p. 400.

cet ouvrage. Quoique mon but, aujourd'hui, soit de prouver que cette opinion doit être abandonnée, il n'en sera pas moins instructif d'indiquer les motifs qui la firent adopter autrefois. D'abord, on avait remarqué qu'il existait un grand nombre de volcans en activité dans cette région de l'Océan Pacifique qui abonde en récifs de coraux, et qu'en quelques points, tels que le groupe de Gambier, des rochers composés de laves poreuses s'élèvent dans une lagune bordée par un récif circulaire, exactement comme les deux cônes d'éruption, nommés les Kamenis, se sont élevés depuis les temps historiques dans le golfe circulaire de Santorin (1). On avait observé aussi que, de même que dans le Shetland du sud, dans l'île Barren, et dans d'autres îles d'origine volcanique, les parois du cône extérieur présentent une brèche étroite par laquelle les vaisseaux peuvent entrer dans un golfe circulaire, de même il se trouve souvent ici un seul passage profond qui conduit dans la lagune d'une île de corail. Cette lagune elle-même semble représenter la cavité ou le gouffre d'un cratère volcanique, exactement comme l'anneau de corail émergé nous en rappelle le bord (2).

Un autre argument dont je faisais usage lorsque autrefois je soutenais cette doctrine, m'avait été suggéré par l'assertion d'Ehrenberg, que quelques-uns des bancs de coraux de la Mer Rouge étaient carrés, tandis que beaucoup d'autres, aplatis à leur sommet, et sans lagunes, présentaient une forme analogue à de petites bandes ou à des rubans. Or, puisque tous les genres, et un grand nombre des espèces de zoophytes observés dans la Mer Rouge concordent avec ceux qui construisent ailleurs des îles à lagune, il s'ensuit que les zoophytes producteurs de masses pierreuses ne sont pas guidés par leur propre instinct dans la formation des récifs annulaires, mais, que la forme particulière et la position de ces récifs dans le

(1) Voir ci-dessus, p. 89.
(2) Darwin, *Volcanic Islands*, p. 113.

milieu d'une mer profonde, doivent dépendre de la configuration du fond sous-marin, puisque, dans la Nature, rien autre que le cratère d'un grand cône volcanique submergé ne présente cette forme. Il est vrai que les dimensions énormes de quelques atolls me mettaient dans la nécessité d'attribuer aux cratères de plusieurs volcans sous-marins des proportions tellement considérables, que souvent elles ont donné lieu à une objection sérieuse contre l'application de la théorie volcanique. Quant à expliquer comment la plupart de ces récifs se trouvent à la même hauteur, ou juste au même niveau que les eaux, cela ne fit aucune difficulté tant qu'on ignora cette circonstance que les espèces à polypiers n'habitent pas des profondeurs d'océan supérieures à 25 brasses.

Explication de la forme circulaire des atolls par la théorie de l'affaissement. — M. Darwin, après avoir examiné un grand nombre de formations coralliennes, en différentes parties du globe, fut conduit à rejeter l'opinion que leur forme fût la reproduction de celle du fond sur lequel elles s'appuyaient. Au lieu d'admettre que l'anneau de coraux morts reposait sur une crête de rocher circulaire ou ovale, ou que la lagune correspondait à une cavité préexistante, il proposa une nouvelle opinion qui, au premier abord, doit paraître très-paradoxale, à savoir : que la lagune se trouve précisément à la place qu'occupait jadis la crête d'un haut-fond, ou la partie la plus élevée d'une île montagneuse.

Les lignes suivantes renferment un exposé succinct des faits et des arguments qui viennent à l'appui de cette nouvelle théorie : — Outre ces anneaux de corail dominant les eaux et renfermant des lagunes, il y en a d'autres dont la structure et la forme sont semblables, mais qui entourent des îles élevées. Parmi ces dernières, on remarque Vanikoro (voir la carte, fig. 59, p. 765, t. I), célèbre par le naufrage de La Peyrouse ; le récif de coraux s'étend à la distance de 3,200 à 4,800 mètres du rivage, et le canal compris entre l'île et le récif a

généralement une profondeur de 60 à 90 mètres. Ce canal, comme on voit, peut être comparé à une lagune, à cette différence près, cependant, qu'une île s'y trouve placée dans son milieu, comme un tableau dans son cadre. De même, Otaïti offre l'aspect d'une terre montagneuse entourée de toutes parts d'un lac, ou d'une zone d'eau salée tranquille, séparée de l'océan par un récif de coraux formant enceinte, où la mer brise et écume sans cesse. La Nouvelle-Calédonie, cette île longue et étroite, formée partie de rochers granitiques et partie de grès triasique, et située à l'est de la Nouvelle-Hollande, est aussi entourée d'un récif de 640 kilomètres de longueur. Ce récif enferme non-seulement l'île elle-même, mais il borde encore une chaîne de rochers qui se prolonge sous la mer dans la même direction. Personne ne contestera donc pour le moment, que, dans ce cas, les coraux ont pour base le bord d'un cratère volcanique, dont le milieu est occupé par une montagne ou une île de granit et de grès.

Le grand récif-barrière qui a été déjà signalé comme suivant parallèlement la côte nord-est de l'Australie sur une longueur de 1,600 kilomètres, offre encore un exemple remarquable d'une longue bande de corail se développant suivant une direction parallèle à la côte. La distance de ce récif à la terre ferme varie entre 32 et 112 kilomètres, et la profondeur du grand bras de mer qu'il entoure est ordinairement de 10 à 20 brasses, excepté vers une de ses extrémités, où elle atteint de 40 à 60 brasses. Ce grand récif se serait étendu beaucoup plus loin, suivant M. Jukes, si la croissance des coraux n'avait été empêchée, à la hauteur des rivages de la Nouvelle-Guinée, par un fond limoneux, produit par le sédiment déposé par les rivières qui coulent de la côte méridionale de cette grande île (1).

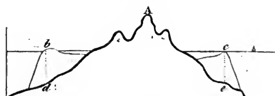
Jusqu'à présent nous n'avons considéré que deux classes

(1) *Quart. Journ. Geol. Soc.*, t. XCIII.

de récifs : les atolls et les récifs-barrières qui forment enceinte. Ceux-ci s'accordent parfaitement, à l'égard de la structure, avec les premiers ; la seule différence qu'on observe entre eux, c'est l'absence de toute terre dans les atolls, tandis que les autres renferment toujours une île ou un continent entouré d'une barrière. Mais il y a encore une troisième classe de récifs auxquels M. Darwin a donné le nom de *fringing reefs*, récifs formant bordure. Ils sont plus rapprochés des terres fermes que les récifs-barrières qui forment enceinte, à tel point que l'espace intermédiaire entre eux et la côte ne peut être considéré comme une lagune. « Si ces récifs ne touchent pas tout à fait au rivage, cela semble tenir à deux causes : d'abord, à ce que le clapotement, en troublant l'eau qui se trouve dans le voisinage immédiat du rivage, la rend nuisible à tous les zoophytes ; puis, à ce que les espèces les plus grandes et les plus productrices ne prospèrent que sur le bord extérieur, là où viennent se briser les vagues d'une mer ouverte (1). »

On conviendra aussi qu'il y a tant d'analogie entre la forme et la position de la bande de coraux qu'on observe dans les

Fig. 156.



Coupe supposée d'une île à récif de coraux formant enceinte.
A. — L'île.
b c. — Points culminants du récif formant enceinte. Entre ces points et la côte, il existe un espace occupé par de l'eau dormante.

atolls, et celles des récifs-barrières qui forment enceinte, que toute explication qui ne se rapporterait point à l'ensemble de

(1) *Darwin's Journ.*, p. 537, 2e édit., chap. xx, et *Coral Islands*, chap. i. ii, iii.

ces récifs ne saurait être considérée comme satisfaisante. Si, examinant d'abord les récifs-barrières formant enceinte, nous tâchons d'expliquer comment les zoophytes ont pu trouver un fond propre à servir de base à leurs constructions, nous nous trouvons aussitôt en présence d'une grande difficulté. Il est un fait général qui, depuis longtemps, a été remarqué par Dampier, c'est qu'une terre élevée et une mer profonde vont ordinairement ensemble. En d'autres termes, les montagnes escarpées qui descendent d'une manière abrupte jusqu'au rivage de la mer, conservent, en général, une pente aussi rapide sous l'eau. Mais, lorsque le récif se trouve, comme en *b c* (fig. 156), éloigné de plusieurs kilomètres d'une côte escarpée, une ligne abaissée perpendiculairement, à partir des deux points extérieurs *b c* jusqu'à la roche fondamentale *d e*, doit descendre à une profondeur excédant de plusieurs centaines de mètres les limites au delà desquelles les polypes producteurs de matières pierreuses ne peuvent vivre, puisque, ainsi que nous l'avons déjà vu, ils cessent de se développer dans les eaux dont la profondeur surpasse 36 mètres. Ce n'est pas seulement l'observation de Dampier qui a donné lieu de supposer que la roche originaire, immédiatement au-dessous des points *b* et *c*, se trouve actuellement aussi loin de la surface que *d* et *e*; le fait a été confirmé par des sondages exécutés immédiatement en dehors du récif, où la sonde n'a rencontré le fond qu'à d'énormes profondeurs, et où même, en quelques points, elle ne l'a pas touché. En un mot, l'océan est aussi profond en cet endroit qu'on pouvait le supposer dans le voisinage d'une côte escarpée, et ce n'est évidemment qu'à l'accumulation des coraux que doit être attribuée l'anomalie que présente le peu de profondeur de l'eau qui recouvre le récif, et celle qui se trouve entre celui-ci et la terre ferme.

Après avoir étudié, dans leurs moindres détails, tous ces phénomènes que nous venons de décrire, M. Darwin a proposé, pour les expliquer, une théorie qui est aujourd'hui gé-

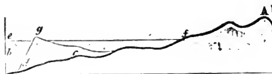
néralement reçue. Les polypes à coraux, dit-il, commencent leurs constructions dans l'eau, à une profondeur moyenne, et, tandis qu'ils sont encore à exécuter leur travail, le lit de la mer s'affaisse graduellement, de sorte que la base de leur édifice s'enfonce en même temps qu'ils en élèvent le sommet. Si donc la marche de l'affaissement n'est pas trop rapide, les polypes continueront à accroître leur construction jusqu'à la surface, la masse gagnant toujours en hauteur au-dessus de sa base primitive, tout en conservant, à d'autres égards, la même position. Il n'en est point ainsi de la terre ferme ; chaque centimètre perdu l'est irrémédiablement, car à mesure que le sol s'affaisse, l'eau gagne incessamment sur le rivage, jusqu'à ce que, ainsi qu'il arrive souvent, le pic le plus élevé de l'île primitive disparaisse tout à fait. Ce qui, dans le principe, était terre ferme, se trouve alors occupé par la lagune ; quant à la bande de corail qui forme ceinture, elle n'éprouve aucune altération, si ce n'est quelque léger amoindrissement dans ses dimensions.

Tel est, suivant M. Darwin, le mode de production des atolls et des récifs formant enceinte. A l'appui de sa théorie, il a signalé plusieurs exemples qui montrent les divers états intermédiaires de ces récifs, à partir de celui où ils forment des îles très-élevées et entourées de coraux, telles qu'Otaïti, jusqu'à celui du groupe de Gambier, où quelques pics seulement surgissent du fond d'une lagune, et enfin, celui où l'atoll, devenu parfait, renferme une lagune de plusieurs mètres de profondeur, entourée d'un récif escarpé qui s'élance d'une mer sans fond.

Or, si l'on adopte ces idées, il est évident que dans les régions où des polypiers se développent, un pareil affaissement doit donner naissance à des récifs-barrières le long des rivages d'un continent. Supposons que A (fig. 157) représente la partie nord-est de l'Australie, et *b c* l'ancien niveau de la mer au moment où le récif de coraux *d* a été formé. Si la terre

ferme s'enfonce de manière à être plus ou moins submergée, la mer finira par se trouver au niveau *e f*, et le récif, qui en même temps aura pris de l'accroissement, atteindra le point *g*. La distance entre le rivage *f* et le récif-barrière *g* est

Fig. 137.



beaucoup plus grande aujourd'hui que celle qui existait originellement entre le rivage *c* et le récif *d*, et plus l'enfoncement augmentera, plus le rivage reculera.

Lorsque la première édition de cet ouvrage parut, en 1831, c'est-à-dire plusieurs années avant que M. Darwin se fût livré à la recherche des faits sur lesquels repose sa théorie, j'avais émis l'opinion que le fond de la Mer Pacifique s'affaissait dans les parties où se trouvent un grand nombre d'atolls, mais sans penser, néanmoins, que si cet affaissement était constaté, il expliquerait à la fois la forme des récifs annulaires et celle des récifs-barrières.

Je citerai le passage auquel je fais allusion, tel que je l'ai publié en 1831 : « C'est une circonstance bien digne de remarque que l'existence, dans l'Océan Pacifique, de ce vaste espace, parsemé de petites iles, où l'on ne rencontre aucune étendue de terre ferme plus considérable que les iles Otaïti, Owhyhi, et quelques autres qui ont été jadis, ou sont encore aujourd'hui, des foyers de volcans actifs. Il suffirait que l'équilibre fût maintenu entre les forces de soulèvement et d'affaissement des tremblements de terre, pour que de grandes iles vinssent bientôt à se former dans l'Océan Pacifique ; car, dans ce cas, l'accroissement des matières calcaires, l'écoulement de la lave et l'éjection des cendres volcaniques, se com-

binceraient avec la force soulevante pour donner naissance à une nouvelle terre.

« Supposons qu'un haut-fond, de 960 kilomètres de longueur, s'enfonce de 4^m50, et qu'il reste ensuite immobile pendant un millier d'années; durant cet intervalle, le récif de corail en voie de se former pourra encore atteindre la surface. Si la masse vient alors à s'élever de nouveau de 4^m50, de sorte que le récif primitif se retrouve dans son ancienne position, la partie nouvelle du polypier, celle que l'on suppose s'être formée depuis le premier abaissement, constituera une île de 960 kilomètres de long. Un résultat analogue se produirait si un courant de lave de 4^m50 d'épaisseur se répandait sur le récif submergé. L'absence de plus vastes étendues de terre ferme dans la Mer Pacifique, semble donc prouver que la somme de l'abaissement produit par les tremblements de terre, excède aujourd'hui, dans cette partie du globe, l'élévation due à la même cause (1). »

J'ai indiqué aussi, de la manière suivante, dans toutes les anciennes éditions de cet ouvrage, une autre preuve de l'affaissement, déduite de la structure des atolls. « Les basses îles de coraux de la Mer Pacifique », dit le capitaine Beechey, « suivent une règle générale, en ce que la partie la plus élevée et la mieux fermée se trouve toujours du côté d'où vient le vent dominant. La différence qu'on observe entre les deux côtés de ces îles, est surtout très-remarquable aux îles Gambier et Matilda : dans les deux, le côté du vent est boisé ; dans les premières, il est même habité, tandis que le côté opposé est à 6 ou 9 mètres sous l'eau, ce qui, toutefois, n'empêche pas d'en distinguer la forme *étroite* et bien dessinée. C'est aussi du côté opposé au vent que se trouvent les passages qui donnent entrée dans les lagunes ; et bien que quelquefois ils puissent être situés dans des points peu éloignés de ceux qui sont exacte-

(1) Voir *Principes de Géol*, 1re édit. vol. I, p. 296.

ment au vent, comme à Bow Island, jamais ces derniers points n'offrent de tels passages. » Ces observations du capitaine Beechey s'accordent avec celles que le capitaine Horsbrugh, et divers autres hydrographes, ont faites concernant des îles de coraux de plusieurs autres mers. La situation favorable de ces passages permet aux vaisseaux d'entrer dans la lagune et de naviguer avec facilité ; tandis que s'ils se trouvaient du côté d'où vient le vent, les vaisseaux, une fois entrés, resteraient des mois entiers sans pouvoir sortir. La sûreté bien connue de plusieurs de ces ports dépend complétement de cette heureuse particularité de position.

« De quelle manière doit-on expliquer une conformation aussi singulière? L'action des vagues est évidemment la cause de l'excès d'élévation qu'on observe dans quelques récifs, du côté d'où vient le vent, c'est-à-dire à l'endroit où des masses de sable et de coraux se trouvent accumulées par les flots ; mais il est une foule de cas où cette cause seule est insuffisante pour résoudre le problème ; car des récifs submergés à des profondeurs considérables, où les mouvements de la mer sont très-peu sensibles, ont, néanmoins, la même conformation, — le côté opposé au vent étant beaucoup plus bas que celui d'où vient le vent (1).

« Le capitaine King, en examinant les récifs connus sous le nom de Rowley Shoals, et situés à la hauteur de la côte nord-ouest de l'Australie, où les moussons est et ouest dominent alternativement, a remarqué que le côté couvert d'un récif en forme de croissant, appelé l'Impérieuse, était tourné vers l'est ; et que le même côté d'un autre récif, désigné sous le nom de Mermaid, faisait face à l'ouest ; un troisième, enfin, de forme ovale, et appartenant au même groupe, était entièrement submergé. Or, cette dissemblance dans la conformation de ces récifs était précisément ce à quoi l'on devait

(1) *Voyage to the Pacific*, etc., p. 189.

s'attendre, dans des endroits où les vents changent périodiquement de direction.

« Il semble impossible d'attribuer le phénomène dont nous nous occupons, à une uniformité originelle dans la configuration des volcans sous-marins, sur les sommets desquels on peut supposer qu'il se produit des récifs de coraux; car, bien que très-souvent les cratères ne soient démolis que d'un côté, il serait difficile de concevoir une cause capable de les briser tous dans la même direction. Mais la difficulté s'aplanira peut-être, si l'on a recours à un autre effet de l'action volcanique, — au phénomène d'affaissement produit par les tremblements de terre. Supposons que la barrière située du côté d'où vient le vent ait été élevée, par l'action mécanique des vagues, jusqu'à la hauteur de 2 ou 3 mètres au-dessus de celle qui se trouve du côté opposé au vent, puis, que l'île entière s'enfonce de quelques brasses; le récif submergé présentera alors l'ensemble des phénomènes qui ont été décrits. La répétition de semblables opérations, due à l'élévation et à la dépression alternatives de la même masse (hypothèse strictement conforme à l'analogie), produirait, entre les deux côtés du récif, une différence d'autant plus grande encore, qu'il y a tout lieu de croire que la violence du flot de la marée tend fortement à empêcher l'accumulation des coraux les plus délicats sur le côté du récif opposé au vent, tandis que l'action des brisants contribue à élever la barrière située du côté d'où vient le vent (1). »

Avant que j'eusse fait connaître mes idées sur les indices qui viennent d'être énumérés d'un mouvement de haut en bas dans le lit de l'océan, le Dr Macculloch, le capitaine Beechey, et plusieurs autres auteurs avaient constaté que des masses de coraux récents ont été mises à sec, à diverses hauteurs au-dessus du niveau de la mer, dans la Mer Rouge, dans les îles de la Mer Pacifique, et dans les Indes Orientales et Occi-

(1) Voir la 1re édit. des *Principes de Géologie*, 1832, vol. II, p. 213.

dentales. Après avoir décrit trente-deux îles de corail situées dans l'Océan Pacifique, le capitaine Beechey ajoute qu'elles étaient toutes formées de polypiers vivants, à l'exception d'une seule, qui, bien qu'elle fût aussi de formation corallienne, se trouvait élevée d'environ 21 à 24 mètres au-dessus du niveau de la mer, et était entourée d'un récif de coraux vivants. Elle se nomme l'île Elisabeth ou d'Henderson, et mesure 8 kilomètres de long sur 1,600 mètres de large. Sa surface est unie, et de tous les côtés, excepté vers le nord, elle est bornée par des falaises perpendiculaires de plus de 15 mètres de hauteur. Ces falaises se composent entièrement de coraux morts, plus ou moins poreux, percés de trous à la surface, comme un rayon de miel, et formant, en se durcissant, une masse calcaire compacte, qui se casse à la manière du calcaire secondaire, et renferme une espèce de millepore, qui s'y trouve

Fig. 158.



Ile Elisabeth ou d'Henderson.

disséminée. Elles sont considérablement minées par l'action des vagues, et quelques-unes d'entre elles semblent à la veille de précipiter leur partie supérieure dans la mer. Celles qui sont le moins endommagées par cette cause ne présentent ni étages successifs, ni aucune indication des niveaux différents que la mer peut avoir occupés à diverses périodes ; leur surface est unie, comme si l'île, qui probablement a été soulevée par l'action volcanique, devait son élévation à une grande convulsion souterraine (1). A la distance de quelques centaines de mètres de cette île, la sonde, descendue à deux cents brasses, n'a point rencontré le fond.

On verra, d'après l'esquisse ci-jointe, qui m'a été commu-

(1) Beechey, *Voyage to the Pacific*, etc., p. 46.

niquée par le lieutenant Smith, du *Blossom*, que les arbres descendaient jusqu'au rivage vers le centre de l'île, où se trouve, dans les falaises, une brèche ressemblant, à première vue, aux passages qui d'ordinaire conduisent dans les lagunes ; mais les arbres sont sur une pente escarpée, et l'on n'aperçoit aucune cavité qui indique une ancienne lagune. Beechey remarque aussi que la surface de l'île d'Henderson est plate, et que dans celle de la Reine-Charlotte, qui est sous-marine et appartient au même groupe, il n'y a pas de lagune, les coraux s'élevant partout à un seul et même niveau. Nous examinerons plus tard la cause probable de l'oblitération de la lagune ou bassin central.

Deux circonstances suffisent, dit M. Darwin, pour motiver la supposition que le lit de la Mer Pacifique et de l'Océan Indien, où se trouvent un grand nombre d'atolls, doit s'être affaissé pendant plusieurs siècles. La première consiste en ce que les zoophytes constructeurs de récifs ne peuvent vivre dans l'océan à une profondeur excédant 36 mètres ; la seconde tient à ce qu'il y a des espaces de plusieurs centaines de milliers de kilomètres carrés, où, parmi toutes les îles formées de coraux, il n'en est pas une qui s'élève à une hauteur supérieure à celle que l'on peut expliquer par l'action des vents et des vagues sur des coraux brisés et triturés. Si l'on admet que le fond de l'océan est resté stationnaire depuis l'époque où les coraux ont commencé à se développer, on sera forcé de supposer qu'un nombre incroyable de montagnes sous-marines d'une grande hauteur (car l'océan est toujours profond et souvent même insondable entre les atolls), s'élevèrent toutes jusqu'à 36 mètres de la surface, sans qu'aucune cependant ait dépassé le niveau de l'eau. Mais on n'aura pas plutôt adopté la théorie de l'affaissement, que cette grande difficulté s'évanouira. Quelques changements qui puissent être survenus dans la hauteur des différentes îles ou des pics isolés de certaines chaînes de montagnes, il se peut que toutes ces

îles et tous ces pics aient été réduits à un même niveau par la submersion graduelle des points les plus élevés, et par les additions faites aux recouvrements calcaires des sommets les moins élevés tels qu'ils existaient à de grandes profondeurs.

Passages dans les lagunes. — Il a déjà été fait mention dans la description générale des atolls et des récifs formant enceinte, de l'existence presque constante d'un passage profond et étroit, communiquant, soit avec la lagune, soit avec l'eau tranquille qui se trouve entre le récif et le rivage, et que maintiennent ouvert les eaux de la mer qui se retirent à la marée basse.

L'origine de ce canal doit, suivant la théorie d'affaissement que nous venons d'expliquer, être attribuée à des causes en action lors de l'existence du récif formant enceinte, alors qu'une île ou une montagne s'élevait dans son milieu, car la formation d'un tel récif doit précéder celle de l'atoll. Or, quand ces îles de la Mer Pacifique sont assez étendues pour alimenter des rivières, il existe ordinairement un passage ou un canal dans le récif de coraux formant enceinte, au point où le courant d'eau douce entre dans la mer. Ces canaux, dont la profondeur excède rarement 7^{m}50, peuvent être attribués, dit le capitaine Beechey, à l'aversion des lithophytes pour l'eau douce, et à l'absence probable de la matière minérale qui leur sert à construire leurs demeures (1).

Toutefois, M. Darwin pense que le limon qui forme le fond des rivières nuit plus encore que le défaut de salure de l'eau à la croissance des polypiers, car les barrières qui entourent les passages sont perpendiculaires et ne s'inclinent pas graduellement, ainsi que cela aurait lieu si la nature de l'élément constituait le seul obstacle au développement des animaux qui bâtissent des récifs.

Lorsqu'une brèche se trouve ainsi faite dans le récif, la

(1) *Voyage to the Pacific.*, p. 191.

retraite des eaux de la mer, au moment des basses marées, empêche l'ouverture de se refermer ; car il suffit qu'un récif s'élève de quelques décimètres au-dessus de la marque de la basse mer, pour qu'à la marée montante les eaux se réunissent dans la lagune, et qu'à la marée descendante elles se précipitent, soit vers le point unique, soit vers les divers points où le récif se trouve le plus bas ou le moins résistant. Ce phénomène est absolument analogue à celui qui a lieu dans nos estuaires, lorsqu'une masse d'eau salée qui s'y est accumulée pendant la haute mer, s'en échappe avec une grande vitesse à la marée descendante, et maintient ainsi ouvert un profond passage à travers la barre qui, presque toujours, se forme à l'embouchure d'une rivière. Tout porte à croire que dans le principe il y a eu plusieurs ouvertures ; mais l'accroissement des coraux tend à fermer toutes celles qui ne servent pas comme principaux canaux de décharge ; de sorte que peu à peu elles se trouvent réduites à un petit nombre, et, en définitive, souvent à une seule. On a généralement observé que, dans les îles entourées d'une enceinte, et dans lesquelles le rivage est souvent séparé du récif extérieur par des eaux profondes, l'ouverture principale fait face à une vallée considérable ; et c'est là un fait qui ne laisse aucun doute sur la véritable origine du canal que l'on observe dans les innombrables atolls où le noyau de terre a complètement disparu.

Grandeur des atolls et des récifs-barrières. — Quant aux dimensions des atolls, il a été reconnu que quelques-uns des plus petits, parmi ceux que Beechey a observés dans la Mer Pacifique, n'avaient que 1,600 mètres de diamètre. Si leur pente extérieure sous la mer est, en moyenne, de 45°, à la profondeur de 800 mètres ils auront 3,200 mètres de diamètre. D'après cela, il semble que chaque atoll doive avoir une tendance à diminuer d'étendue, excepté pourtant dans le cas où des oscillations de niveau agrandissent la base sur laquelle se forme le polypier, en donnant naissance à un talus

de détritus tout autour du cône originaire de calcaire.

Bow Island est décrite par le capitaine Beechey comme ayant 112 kilomètres de circonférence, et 48 kilomètres dans son plus grand diamètre, mais nous avons vu que quelques-unes des Maldives présentent de bien plus grandes dimensions.

Comme le rivage d'une île ou d'un continent en voie de s'affaisser s'éloigne d'un récif de coraux avec plus ou moins de rapidité, suivant que sa surface solide jouit d'une pente plus ou moins escarpée, on ne peut mesurer l'épaisseur du corail par sa distance de la côte ; cependant, en règle générale, on doit considérer les récifs les plus éloignés de terre comme étant ceux qui ont subi l'affaissement le plus considérable. Flinders nous apprend que le récif-barrière situé au nord-est de l'Australie est, en plusieurs endroits, à 112 kilomètres du continent, et il semble qu'une formation calcaire soit en voie de se produire en ce point, sur une étendue dont la longueur n'a pas moins de 1,600 kilomètres du nord au sud, et dont la largeur varie de 32 à 112 kilomètres. On conçoit qu'elle ne puisse être continue sur tout ce vaste espace ; car il n'est pas douteux qu'un très-grand nombre d'îles, analogues à celles qui existent encore, comme les îles Murray, situées par 9° 54' de latitude sud, n'aient été submergées l'une après l'autre entre le récif et la terre principale. On dit aussi que plusieurs parties du golfe compris dans l'intérieur de la barrière ont 120 mètres de profondeur, — d'où il suit que les coraux n'y peuvent vivre, — et que, dans d'autres parties du même golfe, des îles paraissent entourées de récifs.

Si l'on réfléchit aux conséquences de la théorie d'affaissement, on concevra que, pourvu que le fond de la mer ne s'abaisse pas trop vite pour que la construction des zoophytes puisse s'élever dans la même proportion, l'épaisseur du corail sera relative à la rapidité de cet abaissement, de sorte que si une aire s'affaisse de 0^{m}60, tandis qu'une autre ne s'enfonce que de 0^{m}30, la masse de corail sera une fois plus considérable

dans la première aire que dans la seconde. Mais le mouvement de haut en bas, doit, en général, avoir été très-lent et très-uniforme, et s'il a été intermittent en certains points, il a dû consister en un grand nombre de dépressions, dont chacune était de peu d'importance, car, autrement, le fond de la mer serait descendu plus vite que ne pouvait s'élever l'édifice formé par les coraux, et l'île et le continent auraient été submergés d'une manière permanente, après avoir atteint la profondeur de 36 ou de 45 mètres, à laquelle cessent complétement de vivre les zoophytes constructeurs de récifs. Si, donc, l'affaissement nécessaire pour expliquer tous les atolls existants a dû s'élever à 900 ou 1,200 mètres, ou même quelquefois plus, nous sommes amenés à conclure qu'un affaissement *lent* et *graduel* s'est opéré dans cette énorme proportion. Du reste, cette conclusion se trouve en parfaite harmonie avec les idées relatives aux mouvements de bas en haut, que les géologues ont nécessairement adoptées, en présence des effets d'une dénudation exercée sur une vaste échelle, et dont les traces se distinguent partout dans les roches anciennes. Ces mouvements d'élévation doivent aussi avoir été graduels et continus pendant une série infinie de siècles, pour permettre aux vagues et aux courants océaniques de produire des résultats de dénudation compensateurs de ces effets de soulèvement.

La carte dressée par M. Darwin pour faire voir d'un seul coup d'œil la position géographique de tous les récifs de coraux répandus sur le globe est du plus haut intérêt, au point de vue géologique, car elle conduit à des généralisations lumineuses, une fois admise la théorie que tous les atolls et récifs-barrières indiquent un affaissement récent, tandis que la présence de récifs formant bordure prouve un état stationnaire ou d'élévation de la terre ferme. Ces deux classes de formations coralliennes sont distinguées par des couleurs différentes ; et, parmi les faits mis en lumière par cette même classification, il en est deux qui sont frappants : l'absence de volcans

actifs dans les aires d'affaissement, et leur présence fréquente dans les aires d'élévation. La seule exception qui ait été supposée à cette remarquable coïncidence, à l'époque où M. Darwin écrivait, en 1842, fut le volcan du détroit de Torres, situé à la pointe septentrionale de l'Australie, et placé sur les bords d'une aire d'affaissement ; mais on a reconnu depuis que ce prétendu volcan n'avait jamais existé.

On voit donc qu'il existe une connexion évidente : 1° entre l'explosion, de temps à autre, de la matière volcanique à travers des fentes et des fissures, et l'expansion ou soulèvement de la croûte terrestre ; et 2° entre un développement latent et moins énergique de la chaleur souterraine, et une somme d'affaissement suffisamment grande pour occasionner, sur la vaste étendue de l'océan, la disparition de montagnes, qui ne laissent après elles que des îlots à lagunes, ou des groupes d'atolls disséminés, pour indiquer les points où elles s'élevaient autrefois.

En passant en revue les récifs différemment coloriés sur la carte en question, on y verra de grands espaces où domine, dans les uns, le soulèvement, et, dans les autres, la dépression ; on y remarquera aussi que ces espaces sont placés alternativement, et que, parmi les plus petites aires, il en est fort peu dans lesquelles soient indiqués des mouvements d'oscillation. Si, par exemple, on commence par les côtes occidentales de l'Amérique du Sud, entre le sommet des Andes et la Mer Pacifique (région de tremblements de terre et de volcans en activité), on trouvera des indices d'élévation récente, attestée, non par des formations de corail, il est vrai, car il ne s'en trouve point dans ces régions, mais par des bancs soulevés de coquilles marines. En avançant vers l'ouest, on traverse un océan profond et sans îles, puis on arrive à une bande d'*atolls* et d'îles entourées de récifs, comprenant l'archipel Dangereux et celui de la Société, et constituant une aire d'affaissement de plus de 6,400 kilomètres de long et de

960 kilomètres de large. Plus loin encore, dans la même direction, on atteint la chaîne d'îles à laquelle appartiennent les Nouvelles-Hébrides, les îles Salomon et la Nouvelle-Irlande; là, des récifs formant bordure et des masses de corail très-hautes indiquent une autre aire d'élévation. Enfin, à l'ouest des Nouvelles-Hébrides, on rencontre le récif formant enceinte de la Nouvelle-Calédonie, et la grande barrière Australienne, qui impliquent une seconde aire d'affaissement.

La seule objection de quelque valeur qui ait été faite jusqu'à ce jour à la théorie des atolls, telle que nous l'avons expliquée (p. 759), est celle qui a été proposée par M. Maclaren (1). « Sur le côté extérieur, dit-il, des récifs de coraux très-fortement inclinés, on ne parvient pas quelquefois à toucher le fond avec une sonde de 600 à 900 mètres de longueur, et c'est là un cas qui est loin d'être rare. Il suit de là que le récif doit avoir toute cette épaisseur, et M. Darwin, d'après ses figures, paraît parfaitement l'entendre ainsi. Or, si de pareilles masses de corail existent sous la mer, on doit les trouver quelque part sur la terre ferme, car il est évident que toutes les terres visitées jusqu'à ce jour par les géologues ont été submergées à une certaine époque. Mais, ni dans la grande chaîne volcanique, qui s'étend de Sumatra au Japon, ni dans les Indes occidentales, ni dans aucune autre région explorée jusqu'à présent, on n'a découvert, autant que nous le sachions, une couche ou formation de corail d'une épaisseur même de 150 mètres. »

En considérant l'objection, il est évident que la première question dont nous ayons à nous occuper est celle de savoir si les géologues n'ont pas déjà découvert des masses calcaires ayant précisément l'épaisseur et la structure convenables pour qu'on puisse espérer de les voir, par suite de soulèvement, comme les atolls. En un mot, nous devons porter notre atten-

(1) *Scotsman*, nov. 1842, *and Jameson's Edin. Journ. of Sc.*, 1843.

tion, d'une part, sur la composition intérieure des roches qui doivent résulter de la croissance des coraux, tant dans les iles à lagunes que dans les récifs-barrières, et, de l'autre, sur la forme extérieure que conserveraient les récifs s'ils étaient soulevés graduellement à une considérable hauteur, — tâche qui n'est pas aussi facile qu'on pourrait le croire. Si le lecteur s'est figuré de grandes masses de coraux entiers, empilées les unes sur les autres, et sur une épaisseur de plusieurs centaines de mètres, il n'y a pas de doute qu'il s'est complétement mépris sur la nature des accumulations qui sont actuellement en voie de se former. Premièrement, les strates qui vont se formant aujourd'hui sur une très-vaste étendue du fond de l'océan, et dans l'intérieur de récifs-barrières, tels que ceux de l'Australie et de la Nouvelle-Calédonie, consistent surtout, on le sait, en couches horizontales de sédiment calcaire, dans lesquelles doit se rencontrer çà et là un mélange de débris de roches granitiques et autres qui ont été transportés par les rivières des terres adjacentes, ou entraînés des falaises par les vagues et par les courants. Secondement, à l'égard des atolls, les polypes producteurs de masses pierreuses se développent en très-grande abondance, principalement sur le bord extérieur de l'ile, jusqu'à une profondeur de quelques décimètres seulement. Au delà de ce bord, des fragments de coraux brisés et du sable calcaire se trouvent disséminés par les vagues sur une pente abrupte tournée vers la mer, et, après chaque degré d'affaissement, l'encroûtement formé ensuite par le corail vivant ne s'étend pas verticalement sur la couche précédente, mais sur un espace étroit et annulaire compris par cette couche, le récif, ainsi qu'il a déjà été constaté (p. 761), tendant toujours à contracter ses dimensions à mesure qu'il s'enfonce. Troisièmement, dans l'intérieur de la lagune, la matière calcaire accumulée est surtout sédimentaire; c'est une sorte de limon crayeux, provenant de la décomposition de corallines plus

tendres, avec un mélange de sable calcaire que les vents et les vagues entraînent des récifs circulaires environnants. *Çà* et *là* se trouvent des coraux vivants qui se développent au milieu de la lagune, mais seulement sur des masses isolées qui renferment, outre du limon fin et du sable, une grande variété de coquilles, ainsi que des fragments de testacés et d'échinodermes.

Nous devons au lieutenant Nelson de savoir que, dans les Bermudes, le limon calcaire résultant de la décomposition de corallines tendres, ne peut être distingué, à l'état sec, de la craie blanche ordinaire d'Europe (1), et que ce limon est transporté par les courants à de grandes distances, et dispersé dans tous les sens sur le fond de l'océan. Nous avons aussi l'occasion de voir dans des atolls soulevés, tels que ceux des îles Élisabeth, Tonga et Hapaï, qui s'élèvent au-dessus du niveau de la mer à des hauteurs variant entre 3 et 24 mètres, que la roche composante ne diffère pas, sous le rapport de la structure ou de l'état de conservation, des zoophytes et des coquilles qui y sont renfermés; ces dernières appartiennent à quelques-uns des calcaires les plus anciens qui soient connus des géologues. Le capitaine Beechey remarque que, dans l'île Élisabeth, le corail mort est plus ou moins poreux, et percé de trous à la surface comme un gâteau de miel, et, qu'en durcissant, il passe à l'état de roche compacte, offrant une cassure analogue à celle du *calcaire secondaire* (2).

L'île de Pulo Nias, qui est à la hauteur de Sumatra, et qui a environ 900 mètres d'élévation, est décrite par le docteur Jack comme étant couverte de coraux et de grandes coquilles de *Chama* (*Tridacna*) *gigas*, qui, à partir du rivage jusqu'au sommet des collines les plus élevées, reposent à divers niveaux sur des roches quartzeuses et arénacées.

Les falaises de l'île de Timor, dans l'Océan Indien, se com-

(1) *Trans. Geol. Soc.* London, 2e série, vol. V.
(2) *Beechey's Voyage*, vol. I, p. 45.

posent, dit M. Jukes, d'un récif de corail soulevé qui renferme en abondance, des *Astrea*, *Mandrina* et *Porites*, ainsi que des coquilles de *Strombus*, *Conus*, *Nerita*, *Arca*, *Pecten*, *Venus* et *Lucina*. Sur une saillie de 45 mètres au-dessus du niveau de la mer, on a trouvé, encastrée dans la roche, une Tridacne (ou grande coquille adhérente) avec des valves fermées, comme on la rencontre souvent dans les récifs-barrières. Cette formation qui, dans les iles Sandlewood, Sumbawa, Madura et Java, se voit à découvert dans les falaises, offre une épaisseur de 60 à 90 mètres, et l'on est porté à croire que, dans l'intérieur, elle atteint des hauteurs bien plus considérables. Sa forme ordinaire est celle d'une roche ressemblant à de la craie; sa cassure est blanche, mais si l'on vient à l'exposer à l'air, sa surface devient presque noire (1).

Toutefois, il semble prématuré d'affirmer qu'il n'existe pas de formations récentes de corail soulevées à de grandes hauteurs, car nous commençons seulement à connaître la structure géologique des roches particulières aux régions équatoriales. Le capitaine Beechey et plusieurs autres ont décrit quelques-unes des iles soulevées, telles que celles d'Henderson et de la Reine-Charlotte, dans l'Océan Pacifique, qui, bien que situées dans des régions d'atolls, sont unies à leur sommet et ne présentent aucune trace de lagune. Pour expliquer ce fait, on peut supposer que ces iles, après s'être abaissées pendant plusieurs siècles, ont enfin cessé de subir la dépression. Or, lorsque le mouvement descendant commença à décroitre, puis à se transformer en mouvement ascendant, il est à croire que le sol resta pendant longtemps presque stationnaire, et qu'alors les coraux, situés dans l'intérieur de la lagune, élevèrent leurs constructions jusqu'à la surface, et arrivèrent au niveau déjà atteint par ceux qui se trouvaient sur le bord du

(1) Mémoire lu à l'Association Britannique, Southampton, 1856. M. Duncan m'informe que ces falaises à coraux sont aujourd'hui reconnues appartenir à la Période Tertiaire.

récif. C'est de cette manière que la lagune aurait disparu, et que le sommet de l'île aurait acquis une surface plate.

Cependant, il peut paraître étrange qu'on n'ait pas signalé plusieurs exemples de récifs formant bordures, soulevés au-dessus du niveau de la mer. M. Darwin, il est vrai, en cite un qui, sur la terre sèche de l'île Maurice, a conservé sa forme particulière qui ressemble à celle d'un talus de circonvallation; mais ces cas, dit-il, doivent se rencontrer rarement, car, dans les atolls, les récifs-barrières ou ceux formant bordure, la configuration caractéristique doit ordinairement être détruite aussitôt que le récif commence à s'élever, parce qu'il se trouve immédiatement exposé à l'action des vagues, et que les coraux saillants et bien développés du bord extérieur de l'atoll et de la barrière sont les premiers à être démolis et à tomber sur le fond qui sert de base aux falaises verticales et minées. A la suite d'un soulèvement lent et continu, des débris seuls peuvent rester du récif originel. « Si donc, » dit M. Darwin, « à quelque période aussi éloignée dans l'avenir que celle des roches secondaires dans le passé, le lit de la Mer Pacifique, avec ses atolls et ses récifs-barrières, venait à être converti en continent, il est facile de concevoir qu'aucun, ou presque aucun des récifs existants ne serait conservé, et que la matière calcaire provenant de leur destruction se trouverait disséminée en larges couches sur cette vaste étendue (1). »

Quant à ceux qui, pour corroborer l'objection déjà signalée (p. 775), insistent sur ce que la théorie des atolls par affaissement implique des accumulations de matière calcaire ayant une épaisseur de 600 à 900 mètres, on doit leur accorder qu'ils ne commettent aucune exagération en estimant à cette valeur la densité minima des dépôts. Bien au contraire, quand on considère que l'espace sur lequel les atolls sont disséminés dans la Polynésie et dans les mers de l'Inde,

(1) Lettre à M. Maclaren, Scostman, 1843.

peut être comparé à la totalité du continent Asiatique, on ne peut qu'admettre, par analogie, qu'avant qu'aucun phénomène d'affaissement eût commencé à se produire, les différences de niveau, dans une étendue aussi considérable, devaient s'élever à 1,500 mètres, et même plus encore. Du reste, quelle qu'ait été la différence entre les montagnes ou iles montagneuses originaires les plus élevées et les plus basses sur lesquelles reposent les atolls, cette différence doit représenter l'épaisseur du corail qui les a toutes réduites au même niveau. Flinders n'a donc nullement exagéré le volume du calcaire, qu'il regarde comme étant l'ouvrage des polypes coralliens ; il ne s'est trompé qu'à l'égard de la manière dont ceux-ci purent bâtir des récifs sur le lit d'une mer dont la profondeur est insondable.

Mais, pouvait-on raisonnablement s'attendre à ce que des masses calcaires, graduellement soulevées dans une mer ouverte, conservassent après les ravages causés par la dénudation, une épaisseur aussi considérable? Les calcaires des âges de la craie et de l'oolithe, qui atteignent, dans les Alpes et dans les Pyrénées, une puissance de 900 à 1,200 mètres, et qui se composent en grande partie de matières coralliées et coquillières ne nous offrent-ils pas une véritable contrepartie, au point de vue géologique, des récifs de coraux des mers équatoriales? A ce sujet, le Dr Duncan me rappelle que les formations de coraux Miocènes de la Jamaïque ont une épaisseur énorme.

Avant d'accorder une importance sérieuse aux arguments fondés sur des preuves négatives, que l'on oppose à une théorie qui explique, d'une manière si admirable, un grand nombre de phénomènes compliqués, il faut se souvenir que le soulèvement, à une hauteur de 1,200 mètres, d'atolls dans lesquels le calcaire corallien aurait une épaisseur de 1,200 mètres, implique, d'abord, un affaissement lent de 1,200 mètres, et puis une élévation de la même quantité. Si, même,

le mouvement contraire ou ascendant a commencé d'avoir lieu à l'instant même où le mouvement descendant a discontinué, on doit admettre que l'ensemble de l'opération a demandé pour son accomplissement un laps considérable de siècles. Il faut également admettre, qu'au commencement de la période en question, les régions équatoriales présentaient des conditions aussi favorables qu'aujourd'hui pour le développement des zoophytes constructeurs de récifs. Or, ce postulatum exigerait que des conditions complexes et diverses persistassent, sur un point, pendant un temps beaucoup plus long qu'elles n'ont l'habitude de le faire.

Pour montrer combien il est difficile de spéculer sur la permanence des circonstances, relatives à la géographie et au climat, que nécessite le développement des coraux constructeurs de récifs, il nous suffira de constater ce fait, qu'on ne trouve aucun récif dans l'océan Atlantique, à la hauteur de la côte occidentale d'Afrique, et pas plus parmi les îles du golfe de Guinée, que dans celles de Sainte-Hélène, de l'Ascension, du Cap-Vert, ou de Saint-Paul. A l'exception du récif de corail des Bermudes, il n'en existe pas un seul dans l'étendue centrale de l'Atlantique, bien que, dans certaines parties, comme à l'Ascension, les eaux de cet océan soient excessivement chargées de matière calcaire. La distribution capricieuse des récifs de coraux est due, probablement, à l'absence de stations convenables pour les polypes producteurs de masses pierreuses, parce que, dans ces régions, d'autres êtres organisés ont eu, sans doute, la supériorité sur ces zoophytes, dans la grande lutte pour l'existence. Dans tous les cas, leur absence, de quelque manière qu'on l'explique, nous prémunirait contre l'idée qu'il y ait eu, à toutes les époques géologiques anciennes, des récifs soulevés, semblables à ceux qui sont actuellement en voie de formation.

Origine de la chaux. — Le docteur Macculloch, dans son *Système de Géologie*, vol. I, p. 219, se déclare en faveur

de la théorie émise par quelques-uns des premiers géologues, et suivant laquelle tous les calcaires doivent leur origine à des êtres organisés. Si l'on examine, dit-il, la quantité de calcaire que renferment les terrains primaires, on trouve qu'elle y est bien moindre, proportionnellement aux roches siliceuses et argileuses, que dans les strates secondaires, ce qui paraît être en rapport avec le petit nombre de testacés qui vivaient dans l'ancien océan. Il conclut ensuite, qu'en raison des animaux qui produisent cette substance, « la quantité de terre calcaire, déposée sous forme de limon ou de pierre, va toujours en augmentant; et que, de même que la série secondaire l'emporte de beaucoup, à cet égard, sur la série primaire, de même il se peut qu'une troisième série de couches vienne plus tard à surgir des profondeurs de l'Océan, et renferme une proportion de calcaire plus considérable encore que la seconde. »

La rareté comparative du carbonate de chaux dans les roches les plus anciennes dont il est parlé dans le passage que nous venons de citer, a été déduite d'observations faites sur la géologie de l'Écosse, qui a été étudiée d'une façon toute particulière par le Dr Macculloch. Ces dernières années, les ingénieurs du Canada nous ont appris que la série Laurentienne, la plus ancienne de toutes les roches qui ait encoro été découverte dans l'écorce terrestre, peut contenir de puissantes formations de calcaire, et que l'une de ces formations est caractérisée par une espèce de foraminifère désigné sous le nom de *Eozoon Canadense*.

Si, par de telles propositions, le Dr Macculloch tendait seulement à établir que toutes les particules de chaux qui font aujourd'hui partie de l'écorce du globe, ont servi à l'existence des êtres organisés, en participant à leur composition, la théorie ne me semblerait pas improbable; mais si l'on donne à entendre que la chaux peut être un produit animal provenant de quelques éléments simples et combiné par les forces

vitales, je n'aperçois aucun motif suffisant pour admettre une pareille hypothèse, contre laquelle, d'ailleurs, militent un grand nombre de faits.

Un grand étang, pratiqué à peu près indifféremment dans un sol quelconque, et rempli d'eau de pluie, peut ordinairement devenir la demeure d'animaux testacés, car le carbonate de chaux se trouve répandu par petites quantités, pour ainsi dire universellement. Mais si les eaux venant des sources ou des hautes terres environnantes, n'amènent avec elles aucune matière calcaire, il ne se produira ni tuf ni marne coquillière. Lorsque les coquilles minces d'une génération de mollusques se décomposent, leurs éléments constituants servent de nourriture aux autres générations qui lui succèdent; mais ce n'est qu'à l'endroit où un courant, capable de fournir un nouvel approvisionnement de matière calcaire, pénètre dans le lac, ou vers le point où le lac se trouve alimenté par des sources, que les coquilles s'accumulent et donnent naissance à des formations marneuses.

Tous les lacs qui, dans le Forfarshire, ont produit des dépôts de marne coquillière, ont été les lieux d'origine de sources qui émettent encore beaucoup d'acide carbonique, et une petite quantité de carbonate de chaux. Mais il n'existe point de marne dans le lac Fithic, près de Forfar, où il y a absence complète de *sources*, bien que ce lac soit environné de dépôts calcaires, et que, sous tous les rapports, l'emplacement soit favorable à l'accumulation des testacés aquatiques.

Les charas dont la tige sécrète la plus grande quantité de matière calcaire, se rencontrent en très-grande abondance près des sources imprégnées de carbonate de chaux ; et l'on sait que si la poule commune était privée de tout aliment calcaire, la coquille de ses œufs aurait trop peu de consistance pour protéger ce qu'elle contient; enfin, on a remarqué qu'à l'époque de la reproduction, certains oiseaux mangent de la craie avec une grande avidité.

Si, d'un autre côté, nous tournons notre attention vers les phénomènes qui appartiennent à la nature inorganique, nous trouvons que dans les régions volcaniques, il se fait une émission considérable d'acide carbonique, soit à l'état libre, sous forme de gaz, soit mêlé avec de l'eau, et que les sources de ces districts sont, en général, fortement imprégnées de carbonate de chaux. Lorsqu'on a voyagé en Toscane, dans la région des volcans éteints et sur ses confins, ou seulement lorsqu'on a vu la carte dressée par Targioni (1827), où se trouvent indiqués les principaux emplacements des sources minérales, on ne peut douter un instant que si cette contrée venait à être submergée sous les eaux de la mer, elle fournirait assez de matériaux pour donner naissance à des récifs de coraux qui auraient la plus vaste étendue. L'importance de ces sources ne doit être estimée ni d'après le volume des roches qu'elles ont formées sur les pentes des collines, quoique ces roches puissent suffire pour la construction de grandes cités, ni par le manteau de travertin qui, dans quelques districts, couvre le sol sur une étendue de plusieurs kilomètres. La plus grande partie de la matière calcaire se rend à la mer à l'état de solution, et, dans toutes les contrées, les rivières qui sortent de la craie ou de toute autre roche marneuse et calcaire, entrainent une grande quantité de chaux dans l'océan. La chaux forme aussi une des parties constituantes de l'augite et de plusieurs autres minéraux volcaniques et hypogènes; et quand ceux-ci se décomposent, elle devient libre, et peut se rendre alors à la mer à l'état de solution.

La chaux contenue généralement dans l'eau de mer, et sécrétée si abondamment par les testacés et par les coraux de la Mer Pacifique, peut donc provenir soit de sources jaillissant dans le lit même de l'océan, soit de rivières alimentées par des sources calcaires ou imprégnées de chaux provenant de roches volcaniques et hypogènes en décomposition. Ceci admis, l'excès de calcaire qu'on observe dans les formations les

plus modernes, comparativement aux plus anciennes, se trouve expliqué par le fait que les sources, en général, ne tiennent point de matière argileuse en solution et ne renferment qu'une fort petite quantité de matière silieeuse, mais qu'en revanche, elles enlèvent continuellement de la matière calcaire aux roches inférieures. Or, ce transport constant du carbonate de chaux des parties les plus basses ou les plus anciennes de l'écorce du globe à la surface, doit, à toutes les périodes, et pendant la succession indéfinie d'époques géologiques, donner lieu à une prédominance de matière calcaire dans les formations les plus récentes relativement aux plus anciennes.

DERNIÈRES REMARQUES ET CONCLUSION.

Dans les derniers chapitres du Ier livre de cet ouvrage, j'ai examiné en détail un grand nombre d'arguments qui ont été avancés pour prouver la différence qui existait dans l'état de la croûte du globe, aux périodes anciennes et aux époques récentes. Parmi les preuves supposées de cette différence, la très-petite quantité de matière calcaire contenue dans les roches anciennes aurait pu être prise en considération; mais il serait trop long de répondre à toutes les objections soulevées contre les géologues qui admettent que, dans toutes les circonstances essentielles, le cours de la Nature, dans les temps les plus reculés, n'a été autre que celui qui subsiste actuellement. Nous avons vu, qu'en opposition à cette doctrine, il s'est manifesté un vif désir de trouver, dans les roches anciennes, les traces d'une époque où la terre n'était pas peuplée, et où sa surface se trouvait dans un état chaotique et inhabitable. L'opinion contraire, il est vrai, consistant à soutenir que les roches les plus anciennes parmi celles qui sont visibles aujourd'hui, peuvent être les derniers monuments d'une époque antérieure pendant laquelle des êtres vivants auraient déjà peuplé la terre et les eaux, a été déclarée équi-

valente à la supposition qu'il n'y a jamais eu de commencement à l'ordre de choses actuel.

Il y aurait tout autant de justice à accuser un astronome de croire que les œuvres de la création ont embrassé un espace *infini*, par cela seul qu'il refuserait d'admettre que les étoiles les plus éloignées de celles que nous apercevons aujourd'hui dans le firmament, sont sur les dernières limites de l'univers matériel. Chaque perfectionnement du télescope nous a révélé l'existence de plusieurs milliers de mondes nouveaux : aussi, serait-il contraire à la raison de supposer que le vaste système de la création nous est déjà connu dans toute son étendue, ou qu'il sera jamais à portée de l'observation humaine.

Mais on ne peut tirer de ces prémisses aucun argument conduisant à conclure à l'infinité de l'espace qui a été rempli de mondes; et si l'univers matériel a des limites, il s'ensuit que cet univers n'occupe qu'un point infiniment petit dans cet espace infini.

Si donc, en jetant un coup d'œil rétrospectif sur l'histoire de la terre, nous rencontrons des monuments commémorateurs d'événements qui peuvent s'être passés plusieurs millions de siècles avant l'époque actuelle, et si, d'un autre côté, nous n'apercevons encore aucun indice évident d'un commencement, nous n'en devons pas moins considérer, comme restant entiers, les arguments déduits de l'analogie en faveur de la probabilité de ce commencement. Enfin, si la durée de la terre, aux temps passés, est bornée, la somme des époques géologiques, quelque nombreuses qu'elles puissent être, ne doit constituer qu'un moment du passé, une portion infinitésimale de l'éternité.

On a prétendu que de même que les différents états auxquels la surface de la terre a été soumise, et les diverses espèces qui l'ont habitée, ont eu tous un commencement, et plusieurs d'entre eux une fin, de même il se pourrait que les

séries entières eussent commencé à une certaine époque. On a allégué aussi que puisque nous reconnaissons que la création de l'homme date d'une époque comparativement moderne, et que nous admettons le fait étonnant de l'introduction d'un être moral et intellectuel sur la terre, nous pouvons également admettre la création première de notre planète elle-même.

Je suis loin de nier toute la justesse de ce raisonnement par analogie; mais quoiqu'il tende à nous fortifier dans la conviction que le système actuel de changement n'a pas duré de toute éternité, il ne peut toutefois nous empêcher de supposer que quelque signe évident de l'origine du globe, ou quelque indice du moment où des êtres organisés y furent introduits pour la première fois, finira par nous être connu. Nous aspirons en vain à assigner des limites aux ouvrages de la création dans l'*espace*, soit que nous portions nos regards vers la voûte étoilée, soit que nous les fassions pénétrer dans ce monde d'animalcules infiniment petits qui nous est révélé par le microscope. Nous sommes donc amenés à reconnaître que pour le *temps* aussi, les limites de l'univers sont au delà de notre portée. Mais, soit que nous dirigions nos recherches du côté de l'espace, soit que nous les appliquions au temps, partout nous découvrons les preuves incontestables d'une intelligence créatrice, aussi prévoyante que sage et puissante.

La géologie nous apprend que l'état actuel du globe n'est pas le seul qui ait été approprié à l'existence de myriades d'être vivants, mais que d'autres anciens états furent aussi successivement adaptés à l'organisation et aux habitudes de certaines races antérieures. Les climats ont varié avec la disposition des mers, des continents et des îles; les espèces ont également subi des transformations; mais en se renouvelant, leurs types ont conservé assez d'analogie avec ceux des plantes et des animaux existants, pour indiquer partout l'harmonie parfaite dans le dessein et l'unité dans les effets. Supposer

qu'il appartient à nos recherches philosophiques, ou même à nos simples spéculations, de découvrir la preuve du commencement ou de la fin d'un aussi vaste plan, ce serait s'écarter de la juste appréciation des rapports qui existent entre la puissance bornée de l'homme et les attributs d'un Être Infini et Éternel.

APPENDICE

AU DEUXIÈME VOLUME.

Chap. XXXIII, p. 279. — **Geysers de la Nouvelle-Zélande.** — Quoique moins connus jusqu'à ce jour, les geysers de la Nouvelle-Zélande sont aussi nombreux et aussi remarquables que ceux de l'Islande. On les rencontre par milliers dans l'île Septentrionale, formant trois lignes parallèles suivant la direction N.-36°-E. Dans une vallée appelée Orakeikorako, baignée par la rivière Waikato, le Dr Hochstetter a compté soixante-seize points d'éruption à la fois en activité, parmi lesquels un grand nombre formaient des fontaines intermittentes comme les geysers, avec éruptions d'eau périodiques. Ces sources chaudes présentent absolument les mêmes phénomènes que celles d'Islande, et les incrustations qu'elles déposent, de la même manière, sont siliceuses et non calcaires. Les sources intermittentes appelées Puias par les naturels, et qui donnent, à certaines époques, des éruptions d'eau régulières comme les geysers, forment une classe tout à fait distincte de celle des Ngawhas, ou sources permanentes, dont la surface reste à l'état de repos ou à celui d'ébullition uniforme. Mais, suivant le Dr Hochstetter, ces deux genres de sources doivent leur ori-

gine à l'eau qui pénètre à travers la surface et tombe dans les entrailles de la terre, où elle est échauffée par les foyers volcaniques (1).

P. 285. — Le Dr Tyndall a reproduit artificiellement, de la manière la plus parfaite, le procédé des geysers, en chauffant en-dessous un tube de fer galvanisé rempli d'eau, et en le surmontant d'un bassin qu'il traverse et au-dessus duquel il débouche. Dès que l'eau du tube a atteint une température assez rapprochée du point d'ébullition, elle s'élance du tube dans l'atmosphère, et continue de le faire, régulièrement, toutes les cinq minutes, l'alimentation s'effectuant comme dans le geyser réel par l'eau refroidie qui retombe dans le tube. Si l'on ferme l'ouverture du tube avec un bouchon, on accumulera plus rapidement la chaleur, et l'on précipitera les éruptions, comme on le fait en Islande pour la source appelée le Strokkur, que l'on force à faire explosion en bouchant son orifice avec des mottes de terre. Cette magnifique illustration de la théorie de Bunsen « prouve expérimentalement, dit le Dr Tyndall, que le tube du geyser est lui-même la cause suffisante des éruptions, et nous dispense de recourir à des cavernes souterraines, remplies d'eau et de vapeur, qui étaient autrefois regardées comme nécessaires à la production de ces phénomènes étonnants (2). »

P. 287. — **Accès de l'eau dans les foyers volcaniques.** — Dans les premières éditions, je disais qu'en admettant que la chaleur accumulée se développe successivement en différentes parties de l'écorce terrestre, on peut concevoir que les eaux des lacs et des mers trouvent accès jusqu'à la lave fluide, lorsque, au moment des tremblements de terre, de grandes masses d'eau se trouvent ordinairement engouffrées, et qu'alors les bords des fissures se refermant avec violence, la vapeur engendrée

(1) Hochstetter, *Nouvelle-Zélande*, 1867, p. 432.

(2) Tyndall, *la Chaleur considérée comme un mode de mouvement*, 1864, trad. de l'abbé Moigno, p. 125.

par suite du contact de l'eau avec le fluide igné souterrain ne s'échappe pas des fentes mêmes par où elle est entrée, mais s'élance avec la lave d'ouvertures volcaniques distinctes, et peut-être habituelles.

M. Scrope, dans la préface de sa dernière édition des *Volcans* (1871), a objecté que l'ouverture de fentes par des tremblements de terre, et, par suite, l'accès possible de grandes quantités d'eau salée ou douce jusqu'aux masses souterraines de lave seraient plutôt l'effet que la cause de l'action volcanique. J'admets toute la force de cet argument, car je n'ai jamais regardé ce contact soudain de l'eau comme une cause première des volcans. Néanmoins, je pense toujours qu'il existe une relation intime entre une abondance d'évents volcaniques en activité, et la proximité de lacs et de mers. Quand on considère que la combinaison de la chaleur avec des gaz comprimés a donné naissance ainsi que nous l'avons admis, à des tremblements de terre, a fendu et disloqué l'enveloppe terrestre, il est naturel de penser que l'engouffrement occasionnel de grandes masses d'eau salée et d'eau douce susjacentes peuvent considérablement ajouter à la violence et au renouvellement des explosions.

P. 291. — M. Scrope observe que l'absence d'ouvertures volcaniques dans l'intérieur des continents « résulterait du fait généralement admis que des aires continentales ont été élevées au-dessus du niveau de la mer par suite des expansions intérieures de la matière profonde qui, ne pouvant s'ouvrir une issue au dehors, se livre, suivant l'expression de M. Mallet, à des efforts incomplets pour établir un volcan (1). » Il considère qu'il n'existe aucune preuve relativement à la fluidité générale du noyau central, et qu'on peut seulement admettre, sans témérité, qu'il existe dans la croûte terrestre de simples poches, ou mers et lacs locaux, de matière fondue. Sans avoir la prétention

(1) *Volcans*, Préface, p. 8, 1872.

d'expliquer comment la vapeur d'eau peut arriver généralement jusqu'à cette lave, ou comment elle a déplacé, dans le cours des âges géologiques, ses points principaux de concentration, il remarque que les pouvoirs très-différents de conductibilité de la chaleur dans les roches incombantes doit, avec le temps, échauffer quelques-unes de ces laves plus que d'autres, de telle sorte que l'état de l'intérieur ne reste pas constamment le même.

M. Babbage, en 1834, et Sir J. Herschel, de son côté, dans la même année (1), avancèrent que des différences de température analogues à celles que nous avons mentionnées ci-dessus, pouvaient être occasionnées, dans la croûte terrestre, par la dénudation qui enlève de grandes masses de matière d'une partie de la surface du globe, et les dépose dans une autre région, souvent fort éloignée, sur le fond de l'Océan. Par suite de ce transfert, la chaleur se trouve avoir plus de facilité pour s'échapper à l'extérieur sur un point où la dénudation a aminci l'enveloppe, et plus de difficulté sur un autre où le dépôt de matière nouvelle a ajouté à son épaisseur; c'est ainsi que les plans isothermes souterrains, ou surfaces d'égale température, sont sujets à varier. En ces circonstances, la chaleur intérieure, suivant M. Scrope, changerait de direction et prendrait, pour s'échapper au dehors, ces avenues latérales que produisent de temps en temps les fissures volcaniques et les perturbations consécutives des tremblements de terre.

Chap. XXXVI, p. 375. — Le principal argument en faveur de la descendance des différentes races de chiens de souches sauvages distinctes est, dit M. Darwin, la ressemblance que, dans diverses régions, on peut constater entre elles et les espèces indigènes qui y existent encore. C'est ainsi que les chiens des Indiens d'Amérique ressemblent aux loups de l'Amérique du Nord, que le chien de berger de Hongrie a beaucoup de si-

(1) *Proc. Géol. soc.*, vol. II, p. 75 et p. 550.

militude avec le loup d'Europe, et le chien domestique d'Asie avec le chacal. Mais M. Wallace m'a fait remarquer que cette preuve perd beaucoup de son poids, si l'on prend en considération quelques cas de modification donnés par lui et par M. Darwin, et cités par M. Mivart dans sa *Genèse des espèces*.

Un grand nombre de papillons appartenant à des espèces tout à fait distinctes se montrent modifiés d'une manière analogue dans les mêmes localités ; dans certains districts, ils ont acquis des ailes plus allongées, dans d'autres ils ont perdu la queue, dans d'autres enfin ils sont devenus plus grands ou plus petits. M. Meehan a démontré qu'il n'y a pas moins de vingt-neuf genres d'arbres américains qui diffèrent, tous de la même manière, de leurs plus proches alliés d'Europe ; et M. Costa a constaté que les jeunes huîtres anglaises, originaires de la Méditerranée, changent leur mode de croissance, et forment sur leur coquille des raies ou côtes divergentes et en saillie, comme celles qui caractérisent l'huître de la Méditerranée. Un exemple encore plus concluant de cette loi est fourni par le chien de chasse du Cap (*Lycaon venaticus*), et par le loup Aard (*Proteles cristatus*) ; ces animaux, qui habitent la même région que les hyènes, leur ressemblent d'une manière étonnante sous le rapport de la forme extérieure et de la couleur, quoiqu'ils en diffèrent tellement par la structure, que le premier animal est placé dans un genre distinct, et que le dernier, suivant le professeur Flover, constitue une famille particulière et tout à fait à part. S'il est donc vrai que certaines localités puissent imprimer sur des groupes entiers d'espèces un *facies* uniforme, M. Wallace en conclut que très-probablement les chiens de diverses régions ont été ainsi modifiés, de manière à correspondre aux renards, aux loups et aux chacals indigènes, plutôt que de descendre de ces espèces très-différentes, et d'avoir acquis mystérieusement le pouvoir, que ne possèdent pas ces espèces elles-mêmes, de s'entrecroiser et de donner naissance à des produits doués de fécondité.

Chap. XXXVII, p. 447. — **Sélection sexuelle.** — Un grand nombre de caractères extérieurs les plus frappants sont chez les animaux l'apanage exclusif d'un seul sexe. C'est ainsi que l'on ne rencontre souvent que chez les mâles les cornes et les crocs pour les quadrupèdes, les plumes d'ornement, les couleurs gaies et les voix mélodieuses pour les oiseaux, et les antennes variées et les excroissances pour les insectes. M. Darwin a montré que ces caractères servent souvent aux mâles dans la lutte qu'ils soutiennent pour conquérir des femelles. Quelques-uns combattent entre eux, et celui qui est doué de la plus grande force et des meilleures armes sera le progéniteur de la génération suivante. D'autres captivent les femelles par la beauté de leurs chants, et celles-ci, en s'accouplant avec les individus les plus vigoureux et les plus précoces, donneront les produits les plus nombreux et les plus robustes. Les mâles favorisés auront ainsi l'avantage de transmettre leurs particularités, et M. Darwin pense que c'est de cette manière qu'ont été produits les majestueux andouillers du cerf, les éperons acérés du coq, et la queue brillante de l'oiseau de paradis. La sélection sexuelle deviendrait donc un supplément important de la sélection naturelle, et nous permettrait de comprendre des structures qui ne sauraient être expliquées par la simple « conservation de variations favorables dans la lutte pour l'existence. »

Chap. XLI, p. 538. — M. Lowe m'informe que se trouvant à Madère, en 1844, il fut témoin de l'arrivée à Funchal d'une volée de sauterelles, qui venaient probablement d'Afrique. Pendant trois jours elles tournoyèrent lentement en formant autour de la ville un cercle ou ellipse d'environ 8,050 mètres de diamètre, se posant sur les arbres quand venait la nuit et continuant de voler pendant le jour. Elles ne paraissent pas avoir causé de grands dommages à la végétation, et celles que l'on prenait se montraient engourdies et sans mouvement. Leur longueur était d'environ 0m076, et elles étaient aussi serrées

que les flocons de neige dans un orage d'hiver, car l'œil aidé du télescope ne pouvait apercevoir les limites supérieures de cet immense essaim. Au bout de deux ou trois jours, elles disparurent, et l'on vit plus tard flotter à la surface de la mer d'énormes amas de ces insectes. Il est à remarquer que ces sauterelles ne se sont pas établies dans l'île, car cet insecte ne fait pas partie de la faune de Madère ; on ne s'est pas aperçu non plus qu'elles y aient introduit avec leurs excréments quelque plante nouvelle ; mais comme, probablement, plus d'un essaim de ces émigrants a visité le pays à plusieurs reprises, peut-être à des intervalles éloignés depuis son origine, il est possible que quelques espèces de cette flore insulaire soient dérivées de cette source.

Chap. XLIII, p. 614. — M. Darwin a cité récemment, dans son ouvrage intitulé *Descendance de l'homme*, un exemple remarquable de ces liens d'affinité. Dans les quadrumanes et dans les carnivores, il existe près de l'extrémité inférieure de l'humérus une ouverture, le foramen supra-condyloïde, au travers duquel passe le grand nerf du membre antérieur, et souvent son artère principale. Or, on rencontre parfois chez l'homme cette ouverture avec le nerf qui la traverse, et il est à remarquer que cette variation se trouve beaucoup plus fréquemment dans les anciennes races que dans les modernes, et cela dans la proportion de 30 à 1. Ce fait a été vérifié par l'examen d'un grand nombre d'avant-bras qui dataient des âges du Bronze et de la Pierre, et M. Darwin fait observer que si les races anciennes se rapprochent beaucoup plus que les races modernes de la structure type des animaux inférieurs, il faut en chercher une des causes principales dans cette circonstance « que les races anciennes, dans la longue ligne de descendance, se trouvent un peu plus rapprochées que les modernes de leurs ancêtres primordiaux, plus semblables aux animaux par leur conformation (1). »

(1) *Descendance de l'homme*, trad. française, vol. 1, p. 28.

P. 630. — M. Mivart, dans un ouvrage récent (1871) sur la *Genèse des espèces*, tout en faveur de la théorie d'évolution opposée à celle de création spéciale, a mis supérieurement à profit ses connaissances étendues en Histoire Naturelle et en Anatomie comparée pour citer divers cas de structure, tels que les fanons de la baleine, les glandes mammaires des mammifères, ainsi que les yeux et organes auditifs des céphalopodes, qui lui paraissent indiquer une limite du pouvoir de sélection naturelle, et l'intervention d'une ou plusieurs lois inconnues d'une généralité encore plus élevée. A tous ces arguments, M. Darwin a répondu dans plusieurs passages et assez longuement, dans sa sixième édition de l'*Origine des espèces* (1872), et je ne peux mieux faire que de renvoyer le lecteur à cet ouvrage. Mais comme la difficulté qui m'a surtout frappé, en lisant pour la première fois la *Genèse des espèces*, c'est le développement indépendant d'un œil parfait dans les céphalopodes et les vertébrés, je m'occuperai plus spécialement de ce sujet. « On trouve dans la seiche, dit M. Mivart, un œil d'une structure plus conforme à celle du type vertébré que ne l'est même l'oreille. Sclérotique, rétine, choroïde, humeur vitrée, cristallin, humeur aqueuse, rien n'y manque. La correspondance est vraiment étonnante, et l'on peut le dire sans hésiter; prétendre qu'une série de structures semblables, montrant une exactitude, une suite et une corrélation aussi parfaites, soit le résultat, en deux cas indépendants, de variations purement accidentelles, indéfinies et insensibles, c'est supposer une chose improbable qui, pratiquement, devient impossible. » De plus, ces organes ont dû se développer dans les deux types, avec une entière et complète indépendance les uns des autres, car, on ne peut faire autrement, pour trouver un ancêtre commun, que de remonter à quelque forme très-simple, ne possédant pas encore même les rudiments de la vision. A cela M. Darwin répond (1)

(1) *Origine des espèces*, 6e édit., p. 151 (1872).

qu'en réalité il n'y a presque pas de ressemblance entre les yeux de la seiche et ceux des vertébrés, la rétine étant complétement différente dans les céphalopodes, avec une disposition tout à fait inverse des parties élémentaires, et un gros ganglion nerveux enfermé dans les membranes de l'œil. Toutefois il reconnait que les deux organes sont formés d'un tissu transparent et pourvus d'un cristallin pour projeter une image dans la chambre noire; mais il prétend que leur présence s'explique par les conditions que nécessite la formation de tout organe de la vision, et il cite Hensen comme ayant montré, dans un mémoire récent sur les céphalopodes, que la structure fondamentale est si différente dans ce type animal qu'il est assez difficile de décider jusqu'à quel point on doit employer les mêmes termes pour décrire les points de conformation de l'œil analogues chez les céphalopodes et chez les vertébrés.

Pour ma part, tout en accordant que M. Mivart a pu exagérer la ressemblance ou l'identité des organes dans les deux classes, je pense que les objections que j'ai faites dans ce volume (1), en commentant les idées émises dans le *Règne des lois*, se trouvent corroborées par l'opinion de M. Darwin, suivant laquelle certaines conditions communes dans le monde extérieur ont développé chez les céphalopodes un tissu transparent, un cristallin et une chambre noire, analogues à ceux que l'on trouve dans l'œil des vertébrés, sans dérivation héréditaire d'un ancêtre commun. Quelques géologues (2) dans leurs spéculations sur la coexistence des vertébrés, des insectes et des céphalopodes dans les strates Siluriennes qui constituent la formation la plus reculée dont on puisse dire que la faune est amplement connue, nous opposent que la connaissance de ces anciennes roches ne nous a pas beaucoup rapproché des commencements de la vie organique, comme s'il était nécessaire de supposer une gradation régulière du type le plus

(1) Voir p. 628 de ce volume.
(2) Vol. I, ch. IX.

simple au type modifié le plus élevé. Mais la difficulté que l'on aurait à établir la coexistence des trois types, dans des temps aussi reculés, n'existe plus, si l'on admet que les parties les plus parfaites de leur organisation, qui accomplissent les mêmes fonctions dans tous les trois, ont été indépendamment développées par l'action des conditions extérieures, et qu'il n'est pas besoin de les faire dériver par hérédité de quelque point commun de départ.

Chap. XLVIII, p. 729. — Dans les derniers draguages opérés dans le lac Supérieur (août 1871), la plus grande profondeur obtenue a été de 308 mètres, et la température de l'eau dans tous les points situés au-dessous de 40 brasses (65 mètres) s'est montrée presque constamment à 3°,88 C., température de l'eau correspondant évidemment à son maximum de densité. En même temps, celle de la surface était comprise entre 10 et 12°,77 C. Dans les eaux basses, la faune variait avec le caractère du fond, tandis que dans les eaux profondes, la faune, composée de petits mollusques et de crustacés, était pauvre et semblait être partout, comme la température, très-uniforme (1). Le chara se fait aussi bien remarquer dans la végétation sous-aqueuse de l'Amérique septentrionale que dans celle de l'Europe. J'ai observé . . . .

P. 740. — J'ai déjà appelé l'attention sur les huit régions situées à différentes profondeurs dans la mer Égée, chacune caractérisée par un assemblage particulier de coquilles, qui ont été explorées à l'aide du draguage et décrites par le professeur E. Forbes (voir ci-dessus, p. 476). Ce savant naturaliste avait pensé, d'après le rapport suivant lequel la faune marine devient progressivement plus rare en raison de l'augmentation de la profondeur, que le zéro de la vie animale se trouverait, dans cette mer, à 300 brasses environ. Cette conjecture a été reconnue exacte pour la Méditerranée en général, quoique de-

(1) *Silliman's Journal*, vol. II, p. 373. Novembre 1871.

puis, des mollusques, des coraux et des bryozoaires, attachés au câble du télégraphe français entre la Sardaigne et Alger, aient été amenés à la surface de profondeurs bien plus considérables (1). En 1870, MM. Carpenter et Gwyn Jeffreys, ont examiné avec soin la vase apportée de fonds au-dessous de 400 brasses, sur des points situés en vue des côtes d'Afrique, entre Ceuta et Oran, et ailleurs, dans le bassin occidental de la Méditerranée, et ils ont trouvé qu'elle consistait en un sable jaunâtre, très-fin, mêlé à de l'argile bleuâtre, ne renfermant aucune substance organique, et que pour cette raison ils ont appelé *azoïque*. L'absence complète de vie, observent-ils, ne saurait être attribuée seulement à la profondeur, car la vie, ainsi qu'on l'a constaté plus haut, a été découverte bien plus bas dans la Méditerranée. Le Dr Carpenter pense donc que le sédiment extrêmement fin que décharge le Rhône, tombant très-lentement jusqu'au fond de la Méditerranée, peut nuire à la respiration des divers invertébrés, car on sait que des bancs d'huîtres ne peuvent s'établir dans les endroits où le limon fin est apporté par quelque courant de fleuve ou de marée.

Quant à la profondeur extrême où la vie peut exister dans l'Océan, le Dr Hooker dans son voyage antarctique avec le Capitaine Sir J.-C. Ross, a constaté, par des sondes pratiquées en vue de Victoria Land, entre les 71e et 78e degrés de latitude Sud, que le fond de l'Océan était habité, à des profondeurs de 200 à 400 brasses, par des crustacés, des mollusques, des serpules, des éponges et plusieurs autres invertébrés. Sir Léopold Mac-Clintock et le Dr Wallich ont trouvé des étoiles de mer vivantes à la profondeur de 1,000 brasses, sur un point situé à mi-chemin entre le Groënland et l'Islande.

Les derniers draguages pratiqués à de grandes profondeurs, dans l'Atlantique, par MM. Carpenter, Gwyn Jeffreys et Wyville Thomson, montés sur le *Porcupine* (1868-1871), ont en-

(1) *Ann. des sciences naturelles*, 4e série, vol. XV, p. 3.

core reculé la limite, car le professeur Wyville Thomson a reconnu l'existence d'êtres vivants, dans la baie de Biscaye, à une profondeur de 4,500 mètres, c'est à dire à une distance au-dessous du niveau de la mer égale à la hauteur du Mont-Blanc au-dessus du même niveau. Le sondage en question fut opéré par 47°,38′ de latitude Nord et 12°,08′ de longitude Ouest, sur un point situé à 355 kilomètres ouest d'Ushant, petite île en vue de la côte occidentale de France. La drague apporta dans la vase (*ooze*) des mollusques (*Pleurotoma* et *Dentalium*), des crustacés et des échinodermes, parmi lesquels une crinoïde que l'on peut rapporter au type Apiocrinite qui florissait pendant la période Oolithique (1).

(1) *Royal soc. Proc.*, vol. XVIII, p. 429. 1870.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE SECOND VOLUME.

LIVRE SECOND (SUITE).

LIVRE TROISIÈME.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DU SECOND ET DERNIER VOLUME.

TABLE ALPHABÉTIQUE

GÉNÉRALE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS LES DEUX VOLUMES.

Alluviale.

Artésiens.

Canots.

Cerveau.

Climat.

Courants.

Dykes.

Espèces.

Feldspath. Fuchsel.

Insectes.

Kinnerdy.

Kinnordy. Linné.

Morée.

Nouvelle-Zélande.

Paléolithique.

Plantes

Plantes. — Pratt.

Sicile.

Spriagbok.

Taxodium.

Tortues.

Vallées.

Volcans.

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE GÉNÉRALE.



TABLE DES PLANCHES

DU DEUXIÈME VOLUME.

Paris. — Impr. Paul Dupont et Cie, rue J. J.-Rousseau, 41 (Hôtel des Fermes.)

